



51860/B/2.







Mathon de la cour

1570





85629

LE MOUVEMENT  
DE  
LA LUMIERE,  
OU  
PREMIERS PRINCIPES  
D'OPTIQUE.

*Par M. TRABAUD, Maître-ès-Arts.*



A PARIS;

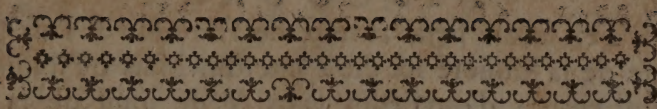
Chez { DURAND, Rue S. Jacques, à S. Landry & au Griffon,  
PISSOT, Quai de Conti, à la Croix d'or.

---

M. DCC. LIII.

*Avec Approbation & Privilège du Roy;*





# DISCOURS

## PRELIMINAIRE.

**L**A lumiere est un des plus beaux présens que les hommes aient reçu de Dieu ; c'est un don si excellent que le Créateur a voulu consacrer le premier jour de la suite des tems à sa production, nous faisant entendre par là que la bonté qu'il vit dans ses autres ouvrages auroit manqué de quelque perfection, si au moment de la création ils n'avoient été éclairés de la lumiere : ainsi la lumiere bonne en elle-même embellit les créatures & relève leur bonté. Cet avantage, quoique grand, est cependant beaucoup au-dessous des autres biens sans nombre qui en reviennent à l'homme. Pour en sentir tout le prix qu'on se représente le Genre-Humain dans l'aveuglement, & privé de la faculté de voir ; l'on apperçoit assez que non-seulement les beautés de la Nature seroient comme anéanties pour lui, mais encore que chaque particulier étant dans l'impuissance de prêter quelque secours corporel, & ne pouvant se flatter d'en recevoir aucun, la société, si tant est qu'elle fût praticable, ne seroit qu'un surcroît d'affliction ; car qu'est-ce qu'une compagnie dont les membres accablés d'indigence ne peuvent point s'aider reciproquement, n'est-ce pas le comble de la misere ?



Tel seroit l'état affreux de l'homme si l'usage de la lumiere lui étoit interdit. Mais qu'il lui soit permis d'ouvrir les yeux & de jouir de la clarté du jour, on le verra bien-tôt subvenir à ses besoins les plus pressans; l'esprit d'invention aiguillonné sans cesse par la nécessité ou par le desir du bien être ne tardera gueres de lui procurer en abondance les commodités de la vie; la Terre sera cultivée sans relâche, & les arts fleuriront à l'envi les uns des autres; enfin chacun s'appliquant à remplir dignement les fonctions auxquelles ses dispositions naturelles le rendent propre, le bon ordre regnera partout. On peut raisonnablement fonder ces espérances sur les talens que l'homme a reçûs, supposé que la lumiere favorise ses desseins & qu'elle seconde ses entreprises; mais si elle lui manque, toute émulation sera éteinte en lui, & les facultés de l'esprit seront inutiles ou demeureront oisives. Il est donc vrai de dire qu'avec la lumiere l'homme est riche, ou qu'il est en état de le devenir, & que sans elle il est dénué de tout.

La lumiere devant contribuer plus qu'aucun être corporel à la felicité de l'homme, il falloit que l'homme pût être en état d'en jouir pleinement sans craindre d'en perdre la possession, il falloit aussi qu'il fût doué d'une faculté qui répondit à la grandeur du bienfait: c'est pour cette raison que la Nature toujours bienfaisante & sage dans ses desseins a pris plaisir de perfectionner la vue, en faisant d'elle le plus universel, le plus prompt, & le plus actif de tous les sens. Qu'un

millions d'objets soient en présence , l'œil les apperçoit dans un instant & en fait pour ainsi dire le dénombrement ; comme un gardien fidelle & une sentinelle vigilante il avertit son maître du danger qui le menace , ou bien il le presse de travailler à l'acquisition des choses nécessaires ou utiles. Faut-il donc être surpris si un homme est toujours prêt de sacrifier ce qu'il a de plus cher à la conservation de la vûe ; il sçait bien qu'en la conservant il peut se dédommager des autres pertes , & qu'en la perdant il perd tout étant à la merci de ceux avec qui il aura à vivre.

On alleguera peut-être que si d'un côté la vûe est absolument nécessaire pour faire les exercices du corps , d'un autre côté elle est nuisible aux facultés intellectuelles , en ce qu'elle retarde les progrès de l'entendement par des distractions inevitables & involontaires ; c'est pourquoi il s'est trouvé des Philosophes qui pour se délivrer de ses importunités ont mieux aimé en être privés & renoncer à ses avantages , que d'éprouver la dure nécessité d'être continuellement en garde contre ses sollicitations.

Il faut avouer que la vûe est quelque fois incommode , & que le souvenir des objets qu'on a considéré trop attentivement ou dont on s'est trop occupé tient l'esprit comme en servitude , l'empêche de produire quoique ce soit , ou même lui ravit ses propres pensées après qu'il les a enfantées : mais telle est la condition de l'homme. Il n'y a aucun bien dont la possession n'entraîne quelque desavantage ; l'art & la prudence ne consistent



point à écarter tous les inconvéniens , cela n'est pas possible , mais à les diminuer & à les rendre supportables : c'est en quoi a sçu réussir un Philosophe dont la mémoire est encore recente ( le R. P. Malebranche ). Car voulant aussi éviter la séduction des sens , & en particulier de la vûe , il s'est appliqué à découvrir les erreurs qu'ils peuvent occasionner & les moyens de les prévenir ; il n'a rien oublié pour en affoiblir l'empire en les refraignant dans les bornes qui leur conviennent , mais plus sage & plus éclairé que ceux qui les regardent comme un mal , il a sçu les maîtriser sans détruire l'organe : de la sorte demêlant la fin pour laquelle ils nous ont été accordés , il a garanti la raison des égaremens où ils la peuvent jetter , sans néanmoins être ingrat & injurieux envers son bienfaiteur.

Au reste que ceux qui méditent sur des sujets de pure intelligence , & qui se plaignent d'être troublés ou inquiétés dans leurs meditations philosophiques par les impressions de la vûe fassent reflexion que ces empêchemens ne sont rien , & qu'ils ne doivent point entrer en parallele avec les grands biens qui sont attachés à la faculté de voir , puisqu'il demeurera toujours pour constant que les arts & les sciences les plus utiles ou même nécessaires ont un besoin absolu de la vûe , & qu'on ne sçauroit les cultiver ni les exercer si on en est privé.

Ce qu'on vient de dire en faveur de la lumie-re ne touche que les rapports éloignés , en ce que l'homme ne sçauroit s'en passer pour agir. Si on



examine les rapports plus prochains & immédiats, on y découvrira des nouveaux motifs de l'estimer; ils seront à la vérité moins pressans, parce qu'ils intéressent moins le commun des hommes, roulant seulement sur le vrai, l'utile & l'agréable; mais je me persuade que des yeux Physiciens ne seront point fatigués de s'en entretenir. On va essayer de les déduire en gros avec les principales propriétés de la lumière qui doivent faire la matière de ce Traité.

Le propre effet de la lumière c'est de rendre visibles les corps qui sont autour de nous, elle ébranle l'organe de la vue, & en conséquence nous voyons les objets vers lesquels les yeux sont tournés: pour faire cet ébranlement il faut qu'elle entre dans l'œil, car si elle le presse seulement à l'extérieur, comme lorsque les paupières sont fermées, on ne voit non plus que si on étoit au milieu des ténèbres; elle traverse aussi les trois humeurs qui le remplissent, car elles sont transparentes comme l'eau & le verre qui lui livrent passage. L'organe immédiat de la vue est donc placé au fond de l'œil, & c'est là que la lumière l'excite & l'anime à faire ses fonctions.

Pour entrer dans le plan qu'on a suivi, il faut faire attention aux principales propriétés de la lumière.

Premièrement. Lorsqu'on regarde un objet, par exemple, le devant d'une maison, une partie de la lumière qu'il réfléchit de tous les côtés arrive à l'œil, & les rayons qui y entrent composent une pyramide & forment divers angles; ces

angles & la pyramide ont leurs bases sur l'objet apperçu & leurs sommets dans la prunelle. Plus un objet est éloigné, plus les angles que font les rayons visuels sont petits, la force de la lumiere diminue aussi, & elle entre dans l'œil en moindre quantité; de-là vient que les objets éloignés paroissent moins clairs & qu'ils sont moins frappans. L'Optique proprement dite traite de la lumiere directe ou de la lumiere qui parvient en ligne droite depuis les objets jusqu'à l'œil, elle considère ses affoiblissements, & la diminution des angles visuels selon les différens éloignemens.

Il est aisé de juger par ce peu de mots que l'Optique considérée dans toute son étendue embrasse généralement tous les arts qui ont pour but de plaire à la vûe & de la flatter. Tout objet a une certaine figure, il a une grandeur déterminée, & il est coloré d'une ou de plusieurs couleurs. C'est dans l'assemblage & l'assortiment de ces trois choses qu'il faut chercher tous les agrémens & les sujets de satisfaction que la vûe peut recevoir des choses sensibles. Mais voici quelque chose de plus précis & de plus circonstancié. Personne n'ignore les secours que la Sculpture & l'Architecture empruntent de l'Optique; si un Architecte n'a eu soin de se la rendre familiere, il risque de tomber dans des deffauts, qui étant exposés à la vûe des connoisseurs dévoileront son ignorance ou son peu d'attention à en observer les regles. Un Sculpteur a le même intérêt qu'un Architecte. On sçait qu'une statue qui de près fera un bel effet perdra toute sa grace si on s'en éloigne, parce que

les traits les plus fins qui en font toute la beauté étant vûs alors sous des angles visuels trop petits & envoyant peu de lumiere à l'œil deviennent insensibles, de sorte que l'ouvrage entier ne paroît plus que comme une masse informe. Au contraire une autre statue qui de près choque par la grossiereté des traits paroîtra reguliere & imiter le naturel, si on la regarde d'une plus grande distance, parce que les angles visuels diminuant & la lumiere étant moins vive tout le dessein s'adoucit & paroît conforme aux regles de l'art. L'Astronomie n'a pas un moindre besoin des regles de l'Optique pour mesurer les grandeurs & les latitudes des Astres, lesquelles sont dans une variation continuelle.

La Perspective & la Peinture sont encore plus intimement liées avec l'Optique que l'Architecture & la Sculpture; elles en sont des parties & les branches naturelles: si les maîtres les plus fameux ont excellé dans leur art, ou s'ils ont sçu donner à leurs ouvrages le dernier degré de perfection, c'est parce qu'ils ont eu assez d'adresse pour copier la Nature de point en point; une imagination vive & aisée leur a fait concevoir leur objet jusques dans les moindres traits, & une main docile & fidelle les a exprimés & tracés sur le tableau: or l'objet de la Perspective c'est d'imiter le naturel si parfaitement que l'œil croie voir l'original lorsqu'il ne voit que la copie. Supposons qu'on veuille peindre un Homme dans une certaine attitude, chaque membre exposé à la vûe enverra ou réfléchira vers l'œil une pyramide de



lumiere au moyen de laquelle il sera apperçû ; & toutes ces pyramides ayant leurs bases sur l'objet & leurs sommets dans la prunelle exciteront la vision : qu'on place un tableau transparent, par exemple, un verre plan entre l'objet & l'œil qui le voit ; si chaque rayon de lumiere en le traversant y laisse son empreinte & y peint le point d'où il part avec la couleur qui lui est propre dans le même degré de force & de nuance que l'œil le voit, il est clair que tous ces points ensemble formeront une image qui sera parfaitement ressemblante ; & que si le tableau devient tout à coup opaque, les rayons de lumiere qui en seront réfléchis, étant précisément les mêmes que ceux qui viennent immédiatement de l'objet feront la même impression sur l'œil, & qu'en voyant le tableau il croira voir l'objet. Si un Peintre copie fidèlement la nature, son pinceau ne fera ni plus ni moins que ce que l'on vient de supposer que font les rayons de lumiere que l'on appelle pinceaux optiques. Les couleurs qui ont tant de pouvoir sur les différens goûts sont aussi de l'objet de l'Optique & c'est à elle à les assortir.

Lorsque la lumiere en s'étendant à la ronde rencontre des corps opaques qu'elle ne peut point pénétrer, il se forme à l'opposite du Soleil ou du luminaire qui éclaire, & derriere ces corps une ombre dont l'Optique considère le divers accidens de grandeur, de figure & de situation selon que le luminaire est plus ou moins élevé sur l'horizon ; si quelque'un de ces corps est percé de part en part, la lumiere passe par cette ouverture, &

il se forme alors une trace lumineuse au milieu de l'ombre : & parce que la révolution journalière du Soleil autour de la Terre s'achève toujours dans le même intervalle de tems , il s'ensuit que durant toute l'année l'ombre doit avoir aux mêmes heures une même situation. On s'est donc apperçu que ce mouvement de l'ombre pouvoit servir à diviser le tems , & à faire connoître l'heure du jour. Voilà l'origine de la Gnomonique ; elle tient à l'Astronomie par le mouvement du Soleil , & elle fait partie de l'Optique à cause du mouvement de l'ombre , qui imite toujours celui du luminaire. Comme le Soleil se meut parallèlement à l'équateur , pour avoir la situation de l'ombre à toutes les heures du jour , il suffit de diviser ce cercle en projetant les douze cercles horaires sur le plan du cadran ; c'est à quoi se réduit ce qui regarde l'invention des lignes horaires , ainsi qu'on l'a remarqué en expliquant les premiers principes de la Gnomonique.

Après avoir fait envisager d'une manière générale les divers usages de la lumière directe en les soumettant aux regles de l'Optique , on va exposer les effets de la lumière réfléchie.

En second lieu. Si la lumière tombe sur une surface qu'elle ne puisse point pénétrer , elle est réfléchie ; si la surface réfléchissante est inégale , rude & raboteuse , la lumière la rend visible , & c'est là tout l'effet qu'elle produit par rapport à la vue : si la surface réfléchissante est unie , lisse & polie , la lumière réfléchie la rend non-seulement visible , mais elle forme encore l'apparence des

objets qui sont en devant , & un spectateur voit leurs images au-delà & en-deçà d'une telle surface. Les surfaces qui ont cette propriété sont appellées miroirs ; il peut y en avoir d'autant de sortes que de surfaces , c'est à-dire , une infinité : il n'y a qu'une espece de miroirs plans , parce que la surface plane n'admet aucune variété ; c'est le seul miroir qui représente au naturel ; tous les autres défigurent plus ou moins selon la courbure convexe ou concave. Les plus ordinaires sont le spherique , le cylindrique , le conique ou le pyramidal , l'elliptique , l'hyperbolique & le parabolique. On admire les propriétés du miroir spherique concave , comme de représenter les objets plus grands & plus petits qu'ils ne sont naturellement , droits ou renversés , tantôt en-deçà tantôt au-delà , de brûler les matieres combustibles , de fondre les métaux , de vitrifier certaines matieres , comme la brique l'ardoise &c. Le principal usage du miroir plan , c'est de servir d'ornement dans une chambre & de découvrir les défauts du visage qu'on ne sçauroit voir autrement. A l'égard des autres miroirs , si on en excepte le miroir spherique concave qu'on employe dans divers instrumens Optiques , ils sont plus curieux qu'utiles , ils peuvent plaire & recréer par la variété des effets bisarres & surprenans qui en naissent. Depuis un certain nombre d'années on fait servir les miroirs parabolique & hyperbolique à éclairer durant la nuit le long d'une route , on les attache aux deux côtés du devant d'un carosse ou d'une chaise de poste. La partie de l'Optique



qui explique les propriétés des miroirs est appelée Catoptrique.

En troisième lieu. Si la lumière rencontre un nouveau milieu qu'elle puisse pénétrer, elle y entre en se détournant de sa direction. Ce détour est appelé *refraction*, & la partie de l'Optique qui en traite, & qui en considère les propriétés s'appelle la Dioptrique. La refraction varie beaucoup selon la densité des milieux, & eu égard à la courbure des surfaces refractives qui les terminent; dans ce Traité on a supposé qu'elles sont planes ou spheriques, & que la lumière les pénètre en passant de l'air dans le verre ou dans l'eau, ou bien qu'après avoir traversé ces deux milieux elle rentre dans l'air; ce qui suffit pour entendre les phénomènes les plus ordinaires de la refraction.

Ceux qui ont cultivé la Dioptrique dans le dessein de la perfectionner, s'apercevant que la figure spherique que l'on donne aux verres des lunettes, comme étant la plus aisée à tailler ne refracte néanmoins la lumière qu'imparfaitement, ont cherché les moyens de remédier à ce défaut. M. Decartes en particulier, animé du desir de procurer à la vûe les secours dont elle a besoin, s'est appliqué à trouver la courbure qu'il faut que cette sorte de verres ait pour rassembler par la refraction en un même point les rayons qui partent d'un autre point ou qui sont paralleles: les figures courbes qu'il a trouvées ont, il est vrai, cette propriété par rapport aux rayons qui viennent d'un point radiant situé sur l'axe ou qui sont paralleles au même axe; mais à l'égard des rayons qui di-

vergent d'autres points, ou qui étant parallèles sont inclinées à l'axe, elles les plient ou les réunissent moins bien que la figure sphérique; d'ailleurs il est extrêmement difficile de tracer ces courbes: de sorte que les recherches de M. Descartes touchant la courbure qu'il faut donner aux verres des lunettes ont plus enrichi la théorie de la Dioptrique, qu'elles n'ont contribué à perfectionner cette science dans la pratique: ainsi on continue de faire servir les verres sphériques & on en compose les instrumens de Dioptrique. On peut ranger ces instrumens en deux classes; les uns sont pour les objets que l'on perd de vûe, ou que l'on n'apperçoit que confusément à cause du trop grand éloignement, on les nomme telescopes, lunettes de longue vûe, lunettes d'approche: les autres sont nommés microscopes, ils font voir distinctement les objets qui échapperoient à la vûe à cause de leur extrême petitesse: Il seroit trop long de faire ici l'histoire des merveilles que les Physiciens ont découvertes avec cet instrument, chacun peut s'en assurer par soi-même en observant avec un bon microscope. On se sert des lunettes d'approche sur terre & sur mer pour observer les objets fort éloignés; les Astronomes les dirigent aussi vers les Astres afin de les mieux distinguer, & de rendre leurs observations plus nettes & plus précises. Avec leur secours ils ont découvert plusieurs nouveautés dans le Ciel, auxquelles on n'auroit point pensé & qui ont beaucoup illustré l'Astronomie.

On sçait que la Dioptrique est toute fondée sur

ce que les sinus des angles d'inclinaison ou des angles que les rayons incidens font avec les perpendiculaires d'incidence sont proportionnels aux sinus des angles de refraction, enforte que le sinus d'un angle d'inclinaison, quel qu'il soit, grand ou petit, est au sinus de l'angle de refraction qui lui répond dans un rapport constant. De-là vient que les rayons incidens paralleles à l'axe d'un verre sphérique ou qui partent d'un point du même axe concourent après la refraction sur différens points de l'axe : ainsi la lumière refractée ou le foyer de ces rayons rompus occupe une certaine étendue sur l'axe ; or dans cet espace il y a un point où la lumière ramassée est plus abondante qu'en tout autre endroit, c'est ce point que l'on regarde comme le vrai foyer, & ce sont les rayons les plus proches de l'axe qui y concourent après la refraction : ainsi pour déterminer le foyer des rayons rompus, il faut considérer les rayons incidens les plus proches de l'axe. Ces rayons font avec les perpendiculaires d'incidence des angles si petits, qu'on peut les regarder comme infiniment petits : or dans cette hypothèse ils sont dans le même rapport que leurs sinus, ou ce qui est la même chose, les sinus se confondent avec les arcs qui mesurent ces angles, & avec les tangentes & les cordes des mêmes arcs ; c'est pourquoi on peut prendre ces quantités indifferemment les unes pour les autres.

Ce principe qui est non-seulement reçu en Optique, mais encore dans la Géométrie sublimée, où l'on se propose d'atteindre à l'exactitude



la plus scrupuleuse, répand un grand jour sur tout ce qu'il y a à dire du passage de la lumière à travers les verres sphériques, & abrége considérablement la démonstration. Cette raison, & le dessein de faciliter la connoissance des principaux phénomènes de la lumière dans la réfraction, à ceux qui ne veulent point faire une étude fondée de la Dioptrique, m'ont déterminé à en faire usage dans ce Traité, & à substituer, lorsqu'il s'agit du passage de la lumière à travers les verres sphériques, le rapport des angles ou des arcs qui les mesurent au rapport constant des sinus. Cela n'empêche point que dans les cas où les angles étant trop grands, ce principe s'écarteroit évidemment de la vérité, on n'aye raisonné de la réfraction sur le rapport des sinus: ainsi on a tâché de concilier l'exactitude avec la facilité & la brièveté. On a touché ces raisons dans le cours de ce traité, l'importance du sujet peut bien souffrir qu'on y revienne pour en faire sentir toute la force.

En quatrième lieu. Lorsque la lumière traverse un nouveau milieu, la réfraction la résout quelque fois en diverses couleurs; on en voit des exemples bien sensibles dans le prisme & dans l'Arc-en-Ciel, car la lumière telle qu'elle vient du Soleil est blanche, cependant à la sortie du prisme & des gouttes d'eau elle paroît de plusieurs couleurs. La plupart des Physiciens attribuoient autre fois cette variété des couleurs aux nouvelles modifications que la lumière acquiert en se réfractant. M. Newton voulant éclair-

car ce point de Physique a fait dans cette vûe un grand nombre d'expériences , qui seront un monument toujours subsistant de son zèle à perfectionner l'Optique ; le soin qu'il a eu de les multiplier , de les réitérer , d'en observer jusqu'aux moindres particularités , est une preuve qu'il n'a rien oublié de ce qui le pouvoit conduire à la découverte pour laquelle il travailloit. Après bien de tentatives , il s'est enfin convaincu que la lumière blanche du Soleil est composée d'un certain nombre de couleurs primitives & inaltérables , en sorte que les rayons qui la composent les ont d'origine & ne les perdent point ni par la refraction ni par la reflexion : la refraction contribue bien à démêler les couleurs en les séparant les unes des autres , mais elle ne sçauroit les détruire en les changeant les unes dans les autres : ainsi quoique les couleurs primitives étant mêlées ensemble composent le blanc , cependant elles sont immuables & indestructibles en elles-mêmes. M. Newton a encore trouvé que les couleurs primitives sont différemment réfrangibles , d'où il conclut que dans la réfraction aucune figure , qu'elle qu'en soit la courbure , ne peut point réunir parfaitement en un point les rayons qui viennent d'un autre point ou qui sont parallèles entr'eux ; c'est pourquoi les telescopes qui sont composés de verres seront toujours imparfaits. C'est là une des raisons qui empêchent que les verres dont M. Descartes propose dans sa Dioptrique de se servir , n'ayent l'effet qu'il en attendoit.

Après avoir considéré les quatre principales propriétés de la lumière dont on vient de parler, on a terminé ce Traité par exposer ce qu'en ont pensé les plus célèbres Physiciens en les examinant du côté de la Physique. De peur d'affoiblir ou d'altérer leurs sentimens on les a rapportés avec les propres expressions des Auteurs ; ainsi ils parleront eux-mêmes ; ce sera au lecteur à juger de la force & de la solidité de leurs raisonnemens.



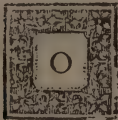




# LE MOUVEMENT DE LA LUMIERE, OU PREMIERS PRINCIPES D'OPTIQUE.

---

*La Lumiere directe, ou l'Optique proprement dite.*

I. 1.  N convient assez généralement aujourd'hui que la lumiere n'est point une simple qualité répandue sur les objets, mais une véritable matiere, un fluide qui s'étend à la ronde au tour des corps lumineux. En effet, la lumiere a la propriété des corps ; elle se condense & se dilate, on en arrête le cours, & on le détourne vers un autre côté, on l'augmente & on la diminue, on la divise en diverses parties, & on en prend une partie plus ou moins grande à volonté, elle pénètre les corps & s'insinue dans leurs pores, elle les chauffe, les met en combustion & les fond ; or toutes ces propriétés ne conviennent qu'à un fluide extrêmement agité.

2. Par corps lumineux on n'entend pas seulement ceux qui sont un principe de lumiere ou qui éclairent par une lumiere propre, naturelle & fonciere, comme le Soleil, les étoiles, un flambeau ; mais encore ceux qui éclairent

par une lumière empruntée , comme les Planètes , & généralement tous les corps qui envoient de la lumière à l'œil.

3. Le point optique est une portion du corps lumineux laquelle n'envoie de la lumière qu'autant qu'il en faut pour être sensible à la vue & se faire appercevoir distinctement ; par exemple , les étoiles de la sixième grandeur peuvent être considérées à cause de leur petitesse apparente , comme autant de points lumineux , parce qu'elles envoient assez de lumière pour qu'on les discerne les unes des autres , sans que la vue y distingue différentes parties. Le point optique peut donc avoir une grande & vaste étendue , mais elle n'est point apperçue ; ainsi des corps prodigieusement gros , comme les étoiles , seront autant de points optiques , si dans leur éloignement la vue n'y distingue aucunes parties.

4. Un corps lumineux est environné de lumière comme la terre est environnée d'air , & il est pour ainsi dire dans un centre d'où il la lance de tous les côtés , puisqu'il n'y a aucun endroit à la ronde d'où il ne puisse être apperçu. Le feu perd de sa chaleur à mesure qu'on se tient plus éloigné du foyer , de même la lumière perd de sa force & de sa vivacité , si on la reçoit à des plus grandes distances du luminaire. Si dans son cours elle rencontre des corps ou des milieux qui lui ferment le passage , elle en éclaire la face antérieure , sur laquelle elle tombe ; mais la face postérieure , qui est à l'opposite , demeure dans l'obscurité ; si l'obscurité est totale sans aucun mélange de lumière , elle prend le nom de ténèbres ; si elle résulte d'un mélange de ténèbres & de la lumière , elle est appelée ombre. Les ténèbres sont la privation de toute lumière ; l'ombre est une lumière extrêmement affoiblie , & elle est plus ou moins foncée selon qu'elle a plus d'analogie aux ténèbres , ou qu'elle participe davantage à la lumière. Si les corps que la lumière trouve sur son passage sont percés de part en part , elle passe au travers , & elle forme des traces lumineuses sur le plan qui

leur sert de base ; ces traces sont environnées de l'ombre qui regne autour de l'ouverture , & qui se forme derrière la face éclairée ; ainsi lorsque la lumière du Soleil passe à travers une fenêtre , elle peint sur le plancher une figure lumineuse au milieu de l'ombre qui occupe la capacité de la chambre. Ces figures de lumière & d'ombre varient considérablement , selon la figure propre & la grosseur des corps opaques comparées à celles du lumineux qui les éclaire , & par rapport à la situation dans laquelle ils se trouvent à son égard : si le lumineux change de place , elles en changent de même ; si le lumineux se meut diversement , elles affectent des mouvemens tous semblables mais en sens contraires ; donc si le lumineux va de la droite vers la gauche , elles seront mues de la gauche vers la droite , comme l'ombre de l'aiguille d'un cadran solaire ; si le lumineux s'approche des corps opaques , les figures de lumière & d'ombre s'en éloigneront , pour ainsi dire , en s'allongeant vers le côté opposé ; si le lumineux s'éloigne , elles se raccourciront ou se rapprocheront ; si le lumineux est mû d'un mouvement régulier , en sorte qu'on puisse prédire pour quelque tems que ce soit la situation qu'il doit avoir à l'égard des corps opaques , les figures de lumière & d'ombre qui se forment derrière seront aussi mues avec une sorte de régularité , & l'on pourra trouver de même leur position pour un tems donné à volonté. En un mot , pour avoir cette position , il faut toujours regarder derrière les corps opaques , à l'opposite du lumineux.

5. De tout tems on a employé le cours du Soleil pour mesurer le tems civil , & l'on a appelé *jour complet* le tems pendant lequel il fait une révolution au méridien ; il est composé de deux parties , sçavoir , du tems durant lequel il éclaire au-dessus de l'horison ; on l'appelle aussi *jour* par opposition à la nuit qui lui succede , & qui est l'autre partie du jour complet ; durant ce tems le Soleil est couché , c'est-à-dire , au-dessous de l'horison. L'on a appelé *année* le tems d'une révolution dans l'écliptique ,



à compter du premier degré du Capricorne ou du Solstice d'hiver, jusqu'à son retour au même point, suivant l'ordre des signes ; ce tems est d'environ 365. jours.

6. On s'apperçut aussi que le Soleil tournant au tour de la terre, les ombres tournoient au tour des corps avec une sorte de régularité ; on conçut dès lors le dessein de faire servir leur mouvement à diviser d'une maniere sensible le tems durant lequel cet astre est sur l'horison. On appella gnomons les corps oblongs qui étant implantés sur une surface devoient servir par leur ombre à cet usage ; & gnomonique l'art ou la science qui donne les règles de trouver ces divisions sur les mêmes faces. Si le Soleil laissoit dans le ciel une trace de son mouvement qui pût tomber sous les sens, la division qu'on en feroit par la pensée, ou avec le secours d'un instrument, donneroit l'heure du jour ; le mouvement de l'ombre supplée à ce défaut, la fait connoître avec autant d'exactitude & avec plus de commodité ou d'aisance.

7. Il est naturel qu'ayant à parler du mouvement de l'ombre que les corps jettent derriere eux en la présence du Soleil, on en fasse voir un des principaux usages en développant les premiers principes de la gnomonique. On réduit ce qu'il y a à dire de la lumiere directe à sa gradation, aux diverses figures d'ombres qui se forment derriere les corps qu'elle rencontre, au mouvement qu'elles empruntent d'un luminaire qui a un cours régulier, comme le Soleil ou la Lune, & aux effets qu'elle produit en tant qu'elle agit sur l'organe de la vûe.

### *La gradation de la lumiere.*

8. La lumiere qui part d'un point du corps lumineux va en s'écartant comme les côtés d'un angle, par conséquent ce point est le sommet d'un cone ou pyramide de lumiere, dont la longueur est indéterminée, si rien ne s'oppose au passage. On peut considérer ce cone comme composé d'une multitude indéfinie de filets qu'on appelle *rayons*, & qui font entr'eux divers angles plus ou

moins grands ; ces filets ou rayons sont indivisibles suivant leur largeur , c'est-à-dire , qu'ils ne peuvent point être divisés en d'autres rayons plus minces & de même longueur ; cependant il est assez ordinaire d'appeller rayon lumineux tout trait de lumière qui a assez de force pour se faire sentir , & qui est par conséquent divisible en d'autres rayons plus minces ; pour les distinguer les uns des autres , on appelle rayons solides ceux qui sont composés , & ceux qui les composent sont nommés simplement rayons ou rayons linéaires.

9. Les rayons qui viennent d'un point sensible du Soleil à la terre sont censés parallèles , parce que le diamètre de la terre comparé à la distance immense qu'il y a jusqu'au Soleil , est comme un point , & que d'ailleurs le point lumineux dont on suppose que ces rayons partent , a un diamètre ou une largeur égale au diamètre de la terre , suivant la définition qu'on a donnée du point optique. Si dans un cône de lumière qui a son sommet à un point sensible de la surface du Soleil , on ne considère que les rayons qui parviennent à la terre , il semble d'abord qu'ils auront la même force à quelque distance du corps lumineux qu'on les reçoive , car ce sera un torrent de lumière qui étant resserré entre les mêmes parallèles dans toute sa longueur , aura par-tout la même force ; mais parce que ce point sensible est réellement le sommet d'une infinité de cônes , puisqu'il peut avoir autant d'étendue que la surface de la terre , & que d'ailleurs la lumière dans chaque cône perd de sa force à mesure que la largeur du courant augmente ; il s'ensuit que si on reçoit la lumière d'un même cône à différentes distances du corps lumineux , elle aura des forces inégales , plus grandes , plus on la recevra près de la source ou de son origine , & moindres de plus en plus à mesure qu'on s'en éloignera d'avantage.

10. On peut faire deux hypothèses touchant la propagation de la lumière ; 1°. on peut supposer qu'elle vient immédiatement du corps lumineux qui en dardé

tous les instans une égale quantité dans chaque cone, laquelle sembleroit à un pareil volume d'une couleur qu'on étendrait sur des cercles de différentes grandeurs, se rarefie à mesure qu'elle s'éloigne du sommet & que le cone s'élargit. Suivant cette hypothese, toutes les sections d'un cone perpendiculaires à l'axe, grandes & petites recevront la même quantité de lumiere, sçavoir autant qu'il en entre dans le cone à chaque instant; donc sa force s'affoiblira d'autant plus que la section circulaire sera plus grande. Si la section est une fois, quatre fois, cent fois plus grande, sa force sera une fois, quatre fois, cent fois moindre, puisqu'en même quantité elle occupera un espace deux fois, quatre fois, cent fois plus grand; donc les forces de la lumiere seront entr'elles réciproquement comme les mêmes sections, ou réciproquement comme les quarrés de leurs diamètres: ( 13 *Geom.* ) or les diamètres de ces sections qui sont autant de bases du cone, sont comme les distances jusqu'au sommet, car les bases d'un même angle sont comme les côtés ou comme les distances au sommet, & les quarrés des diamètres comme les quarrés des mêmes distances; donc les forces de la lumiere affoiblie sont réciproquement comme les quarrés des distances qu'il y a de l'endroit où elle est arrivée jusqu'au corps lumineux qui la darde.

II. 2°. On peut supposer que la matiere de la lumiere est toute hors du corps lumineux, & qu'elle remplit les espaces qui sont autour, de même que l'air environne les corps sonores; & comme un corps sonore produit le son en ébranlant l'air par le frémissement de ses parties, ainsi le corps lumineux presse par des coups vifs & réitérés la matiere propre de la lumiere & lui communique un mouvement de vibration; ce mouvement de vibration en quoi consiste la force de la lumiere s'affoiblit étant transmis de proche en proche à des couches d'une plus grande circonférence, & la force ainsi distribuée à un plus grand nombre de parties, est d'autant moindre qu'une couche est plus grande; si la couche est deux fois.



quatre fois plus grande , il y aura deux fois , quatre fois plus de parties qui participeront au mouvement de vibration ; donc l'ébranlement de chaque partie sera deux fois , quatre fois moindre , donc les vibrations de pression seront entr'elles réciproquement comme les couches auxquelles elles sont transmises : or ces couches étant supposées sphériques , & s'enveloppant les unes les autres sont entr'elles comme les quarrés de leurs diamètres , car ce sont autant de figures semblables , & il en faut raisonner comme des aires des cercles ; donc les vibrations de pression ou les forces de la lumière propagée seront réciproquement comme les mêmes quarrés , ou réciproquement comme les quarrés des distances des mêmes couches au corps lumineux. Le rapport des forces de la lumière affoiblie par la seule divergence de ses rayons , & en tant qu'elle s'éloigne du corps lumineux , est donc le même dans les deux hypothèses qu'on vient de proposer.

12. Mais on peut prouver sans recourir à aucune hypothèse que les forces d'une même lumière affoiblie par la seule divergence des rayons , sont réciproquement comme les quarrés des distances au corps lumineux. Supposons avec Mr. Bouguer , dans son essai d'Optique , qu'après qu'on a reçu la lumière d'un flambeau à une certaine distance sur une surface , on la reçoive ensuite à une distance trois fois plus grande , la divergence des rayons extrêmes ou des côtés du cône de lumière fera qu'à une distance triple l'écartement ou l'intervalle des mêmes rayons extrêmes fera trois fois plus grand , donc la surface qui servira de base au cône , & sur laquelle on recevra la lumière , aura trois fois plus de hauteur & trois fois plus de largeur , elle fera donc neuf fois plus grande ; donc si on imagine que la lumière reçue à une distance trois fois moindre est transportée sur cette surface , elle occupera un espace neuf fois plus grand ; par conséquent sa force sera neuf fois moindre , donc les forces d'une lumière affoiblie par la seule divergence des rayons , seront réciproquement comme les quarrés des distances au corps lumineux.

13. *Coroll.* L'Astronomie nous apprend que la distance de la terre au Soleil est environ dix fois moindre que celle de Saturne, cinq fois moindre que celle de Jupiter, une fois & demi moindre que celle de Mars; mais que cette distance est à celle de Venus comme 4 à 3, & à celle de Mercure comme 3 à 1; donc la force de la lumière du Soleil à la distance où est la terre est cent fois plus grande que là où est Saturne, vingt-cinq fois plus grande qu'à la distance de Jupiter, & deux fois & un quart ou environ plus grande qu'à la distance de Mars, mais elle est plus foible à la terre que dans Venus dans le rapport de 9 à 16; & elle n'est que la neuvième partie de la force qu'elle doit avoir dans Mercure.

14. 2°. On peut déterminer les forces de la lumière du Soleil selon les différentes hauteurs ou élévations qu'il a au-dessus de l'horizon. Ces forces seront entr'elles comme les quarrés des sinus des angles d'élévation, en supposant que les rayons qui viennent d'un même point du Soleil à la terre sont parallèles, car la lumière que chaque point du Soleil enverra à la terre sera comme un courant qui choquera obliquement l'horizon considéré comme une surface plane; donc la quantité des rayons incidens sera mesurée par le sinus de l'angle d'incidence, lequel est le même que l'angle de la hauteur du Soleil. 2°. Parce que chaque rayon choquera obliquement, la force du choc ou la force de chaque rayon pour ébranler ou échauffer, sera exprimée de même par le sinus de l'angle d'incidence, qui ne diffère point de l'angle de la hauteur du Soleil, donc multipliant la force de chaque rayon, exprimée par le sinus de l'angle d'incidence, par leur nombre ou leur multitude, exprimée de même par le sinus d'incidence, la force ou l'impression totale qui résultera de l'incidence de chaque courant, sera exprimée par le quarré du sinus de l'angle d'élévation; donc la force de tous les courans ensemble ou de toute la lumière que le Soleil envoie à la terre, est exprimée par le quarré du sinus de l'angle de la hauteur du Soleil.

15. On peut déduire de là la raison pourquoi le Soleil est moins chaud en hyver qu'en été. 1°. En hyver le Soleil envoie moins de rayons à la terre qu'en été, à cause qu'il est moins élevé au-dessus de l'horizon. 2°. Chaque rayon a moins de force pour ébranler ou pour échauffer, parce qu'il rencontre plus obliquement la surface de la terre. 3°. Les jours d'hyver sont plus courts; donc l'action du Soleil est moins durable & moins persévérante, & son effet est moindre.

16. Si deux lumieres éclairent également de deux distances inégales, leurs forces sont comme les quarrés des distances. Supposons que la lumiere ou la clarté d'un flambeau reçue à vingt pas éclaire autant que la lumiere d'une chandelle reçue à dix pas, la force du flambeau fera à celle de la chandelle comme le quarré de vingt au quarré de dix, c'est-à-dire, comme 400 à 100, ou comme 4 à 1; car si la lumiere du flambeau étoit reçue à dix pas de distance, c'est-à-dire à une distance deux fois moindre, elle auroit une force quatre fois plus grande qu'étant reçue à vingt pas ou à une distance double, puisque les forces d'une même lumiere sont réciproquement comme les quarrés des distances au luminaire: or la lumiere du flambeau à vingt pas est supposée égale à celle de la chandelle à dix pas, donc la lumiere du flambeau à dix pas est quadruple de la lumiere de la chandelle reçue pareillement à dix pas. Il suit de là que si on veut qu'une lumiere étant reçue à différentes distances, garde toujours la même force, ou qu'elle éclaire également, il faudra augmenter la force du luminaire, non-seulement comme les distances, mais comme les quarrés; si on veut, par exemple, qu'une lumiere éclaire également à une distance double, triple, quadruple, il faudra augmenter le luminaire dans la raison de 1 à 4 à 9 à 16, il faudra donc qu'il soit quatre fois, neuf fois, seize fois plus grand.

17. Si on place deux flambeaux égaux à une certaine distance l'un de l'autre, par exemple à dix pas, la moindre clarté sera au milieu de l'intervalle qui les sépare,



c'est-à-dire , à la distance de 5 pieds de l'un & de l'autre. Supposons qu'on reçoit la lumière de chacun à cette distance , si on la multiplie par le carré 25 , & qu'on divise le produit par le carré de toute autre distance , on aura la force de la lumière reçue à cette autre distance , puisque les forces d'une même lumière reçue à diverses distances sont réciproquement comme les carrés des mêmes distances. Nommant 1 la lumière d'un flambeau reçue à la distance de 5 pieds ,  $1 \times 25$  ou 25 sera le produit dont il s'agit. Cela posé , si on reçoit la lumière à un pas de distance d'un flambeau , l'autre distance sera de 9 pas , & l'on aura ces proportions  $1 \times 1 \cdot 5 \times 5 :: 1 \cdot \frac{25}{1}$  &  $9 \times 9 \cdot 5 \times 5 :: 1 \cdot \frac{25 \times 1}{81}$  divisant donc 25 par 1 carré de la distance 1 & par 81 carré de la distance 9 , la somme  $\frac{25}{1} + \frac{25}{81}$  sera la somme des deux lumières reçues aux distances inégales de 1 pas & de 9 pas. Qu'on reçoive la lumière à la distance de 2 pas d'un flambeau , l'autre distance sera de 8 pas , & leurs carrés seront 4 & 64 ; divisant 25 par ces deux carrés , la somme des quotiens  $\frac{25}{4} + \frac{25}{64}$  sera la somme des lumières reçues à la distance de 2 & de 8 pas ; on trouvera de même que la lumière reçue à la distance de 3 & de 7 pas ; de 4 & de 6 pas est  $\frac{25}{9} + \frac{25}{49}$  , &  $\frac{25}{16} + \frac{25}{36}$  : or chacune de ces sommes est plus grande que la somme  $1 + 1$  des lumières reçues l'une & l'autre à la distance de 5 pas. La lumière augmente donc à mesure qu'en s'éloignant du milieu de l'intervalle qui est entre les deux flambeaux , on s'approche de l'un ou de l'autre.

18. M. Bouguer célèbre Académicien a fait diverses expériences sur la diminution ou l'affoiblissement de la lumière lorsqu'elle traverse des milieux de différentes densités , comme l'air , l'eau , le verre , dont il a déduit plusieurs belles propositions touchant la transparence des corps , & la force de la lumière des astres , entr'autres celle-ci qui a un rapport direct & immédiat au sujet présent , sçavoir que la lumière du Soleil nous éclaire envi-

ron 300000 fois davantage que la pleine Lune ; mais nous sommes 400 fois plus éloignés du Soleil que de la Lune ; donc si le Soleil étoit à la même distance que la Lune , il nous éclaireroit encore 160000 fois davantage , ainsi la lumière du Soleil feroit 48000000000 fois plus forte que celle de la Lune à la même distance.

### *De l'Ombre.*

19. Pour concevoir comment l'ombre se forme , il faut imaginer dans le corps éclairé un plan qui distingue le côté éclairé de celui qui ne l'est point , il passera par les confins de l'ombre & de la lumière ; & supposer que de tous les points du bord visible du luminaire partent des rayons qui vont aboutir aux confins de la lumière & de l'ombre ; les prolongemens de ces rayons étant conçus comme des simples lignes , formeront derrière le corps opaque une figure solide ou de trois dimensions , laquelle seroit dépourvue de toute lumière , si les corps environnans n'y en envoioient une certaine quantité par la réflexion ; cette figure privée de la lumière directe du luminaire , & éclairée seulement de la lumière réfléchie des corps environnans , constitue l'ombre des corps. Si les corps qui font ombre sont percés de quelque ouverture , la lumière y passera & en prendra la figure. On va déduire de ce principe quelques conséquences qui ont leur usage dans l'Astronomie , la Gnomonique & la Géométrie pratique.

20. Supposons en premier lieu que le luminaire & les corps éclairés sont sphériques , l'ombre sera conique ou cylindrique ; conique , si les deux corps sont inégaux , cylindrique , si les deux globes sont égaux. Que la ligne AB (Fig. 1. 2. 3.) représente le plan qui distingue la face visible du luminaire de celle qui est cachée ou derrière par rapport au corps éclairé , & CD le plan qui distingue le côté éclairé de celui qui est dans l'ombre , les sections seront des cercles , puisque les corps sont sphériques ; par les points AC , BD soient tirées les lignes ACE , BDE ,

les portions AC, BD sont les rayons qui partent des points du bord visible du lumineux, & qui se terminent aux confins CD de l'ombre & de la lumière, & dont les prolongemens CE DE forment derrière le globe éclairé la figure de l'ombre. ( On ne peut tirer que deux rayons, parce que la figure qu'on a tracée représente la face antérieure & postérieure de chaque corps, il faut que l'imagination supplée les autres que l'on suppose partir de tout autour de la section circulaire AB, & qui vont aboutir autour de la section circulaire CD; il en est de même de leurs prolongemens qui doivent former avec les prolongemens CE DE la figure de l'ombre.) Cela posé, 1°. si les deux globes sont égaux, les tangentes ACBD (*Fig. 1.*) ou les rayons de lumière qu'elles représentent seront parallèles, car AB & CD sont parallèles & égales; donc AC & BD sont aussi parallèles & égales, donc les prolongemens CE DE seront aussi parallèles; donc la figure qu'ils formeront autour de la section circulaire CD derrière le corps éclairé sera cylindrique. 2°. Si les deux globes sont inégaux, les parallèles AB CD (*Fig. 2. 3.*) seront inégales; donc les rayons AC, BD qui partent de leurs extrémités ne peuvent être parallèles, donc étant prolongés ils concourront ou derrière le corps lumineux ou derrière le corps éclairé: si le globe éclairé est plus grand (*Fig. 3.*) le concours se fera derrière le corps lumineux, & pour lors les prolongemens CE DE iront en s'écartant, & l'ombre aura la figure d'un cône tronqué, dont la petite base est sur la section CD qui distingue la face éclairée de celle qui est dans l'ombre: le concours des rayons prolongés se fera derrière le globe éclairé (*Fig. 2.*) s'il est plus petit; & pour lors les prolongemens CE DE iront en s'approchant jusqu'à ce qu'ils se rencontrent en un point E, & la figure qu'ils formeront sera un cône entier, dont la pointe sera en E, & la base sur la section CD. Il est clair que si l'ombre est cylindrique, ou si elle a la figure d'un cône tronqué, elle ne sera point terminée suivant sa longueur; mais si elle a la figure d'un cône



entier , elle fera terminée en tout sens par la lumiere qui regne autour. La figure de l'ombre ne sçauroit être un cone entier si le corps lumineux n'est plus grand que le corps éclairé. Or l'Astronomie démontre que les planetes reçoivent leur lumiere du Soleil comme la terre , & on observe que les ombres qu'elles jettent à l'opposite ont la figure d'un cone entier , par conséquent le Soleil est plus grand que les planetes & que la terre.

21. Si le corps lumineux est égal au corps sphérique éclairé , les paralleles AB CD égales seront des diamètres ou des grands cercles qui diviseront les surfaces sphériques en deux parties égales , par conséquent le globe éclairé aura la moitié de sa surface dans la lumiere & l'autre moitié dans l'ombre. Si les deux globes sont inégaux , les sections AB CD ne passeront point par le centre , donc ce seront des petits cercles qui diviseront les surfaces sphériques en deux parties inégales ; si le globe éclairé est plus grand , la moindre partie de sa surface sera dans la lumiere & la grande dans l'ombre ; ce sera le contraire s'il est plus petit que le corps lumineux. Puisque les planetes sont moindres que le Soleil , il s'en suit que la face éclairée est plus grande que la face obscure.

*De la figure d'un trait de lumiere qui passe par un trou.*

22. Si la lumiere du Soleil passe par un trou C (Fig. 4.) assez petit pour qu'on puisse le regarder comme un point , il se formera deux cones semblables qui auront leur sommet commun au point C , car les rayons AC BC qui viennent des points extrêmes de la section AB se croisent nécessairement en passant par le point C , & forment l'angle ACB égal à l'angle opposé DCE , les rayons qui viennent des autres points de la circonférence de la section AB se croisent de même au point C , & font des angles égaux aux angles ACB DCE , puisque tous les angles dont les côtés s'étendent jusqu'au Soleil ont pour bases des lignes égales à AB , par conséquent les rayons qui

viennent des points de la circonférence de la section AB forment deux surfaces coniques sous un même angle ou sous des angles égaux , donc elles sont semblables.

23. Si la lumière du Soleil passe par une ouverture circulaire FG (*Fig. 5.*) d'une grandeur déterminée & mesurable , il se formera deux cones de lumière tronqués & semblables , ou qui étant entiers auroient un même angle au sommet. Pour démontrer cette proposition on supposera que les rayons qui viennent à la terre d'un même point du Soleil sont parallèles , eu égard au grand éloignement & à la petitesse de l'espace qu'ils occupent en passant par l'ouverture FG ; ainsi le rayon NGP parallèle au rayon AFE étant prolongé jusqu'à la distance où est le Soleil , viendrait du point A , & le rayon MFP viendrait du point B. De tous les rayons qui partent du point A & qui passent par l'ouverture FG , ne considérons que le rayon AFE qui rencontre le point extrême F ; de même ne considérons que le rayon BGD qui passe par l'autre extrémité G de l'ouverture FG ; il est certain que ces rayons se croiseront au point de rencontre C , & qu'ils formeront un angle ACB qui aura pour base le diamètre de la section AB ; les autres rayons qui partent des autres points de la circonférence de la section AB , & qui passent par la circonférence de l'ouverture FG se couperont aussi en C , & ceux qui auront entr'eux une situation semblable à celle des rayons AFE BGD , feront aussi entr'eux des angles égaux à l'angle ACB ; donc tous ces rayons ensemble formeront la surface d'un cone qui aura son sommet au point C & sa base sur la section AB. De même entre tous les rayons qui viennent du point A , & qui passent par l'ouverture FG , ne considérons que le rayon NGP qui passe par le point G diamétralement opposé au point F ; & de tous les rayons qui viennent du point B , ne faisons attention qu'au rayon MFP qui passe par le point F opposé au point G ; il est visible que ces rayons passant par des points opposés à ceux que les rayons AFE BGD rencontrent , iront en divergeant après avoir

passé par l'ouverture FG, & que leur point de concours sera au-dessus en P, c'est-à-dire avant qu'ils y arrivent; les autres rayons qui venant des autres points de la circonférence de la section AB, passeront deux à deux par les points opposés de l'ouverture FG & qui seront situés entr'eux semblablement aux rayons NGP MFP, se couperont aussi au point P, & feront entr'eux des angles égaux à l'angle MPN, donc ils formeront une autre surface conique qui aura son sommet au point P, & sa base au-dessus de l'ouverture FG: or cette surface conique est semblable à la précédente, car l'angle GPF est égal à l'angle GCF, puisque le quadrilatère GPFC est un parallélogramme, les côtés opposés étant parallèles; donc les angles opposés PC sont égaux, par conséquent les deux surfaces coniques sont semblables; mais parce que les sommets C & P de ces surfaces sont dans la lumière AFMN-GB, il ne restera que les cones tronqués AFGB MFGN qui seront aussi semblables, ou des portions de cones semblables.

*Des lignes courbes que décrit un rayon de lumière qui venant du centre du Soleil rencontre un plan pendant que cet astre se meut au tour de la terre par son mouvement diurne.*

24. On sçait que le Soleil en décrivant par son mouvement annuel l'écliptique en 365 jours ou environ, fait en même tems un égal nombre de révolutions autour de la terre, dans lesquelles il décrit chaque jour un parallèle à l'équateur. Supposons que AGB (Fig. 6.) représente un de ces parallèles, & durant ce mouvement ne considérons qu'un des rayons qui partent du centre de l'astre. En C est une petite ouverture circulaire par où doit passer le rayon dont nous avons besoin, & qui est représenté par les lignes BCE ACD, lorsque le centre du Soleil est aux points BA de la circonférence du parallèle qu'il décrit: si des autres points de la circonférence du parallèle AGB on tire par la pensée autant d'autres li-



gnes qui passent par le point C, elles donneront la situation du rayon de lumière qui part du centre du Soleil, & qui passe par la petite ouverture C lorsque ce centre se trouve dans ces mêmes points. Or il est visible que ces rayons environnent le parallèle AGB, par conséquent ils forment tous ensemble une surface conique qui a sa base sur le parallèle AGB, & le sommet à l'ouverture C; il est pareillement visible que ces mêmes rayons prolongés au-delà de l'ouverture C forment une autre surface conique semblable à celle qui s'appuie sur le parallèle AGB, cela posé.

25. Si on suppose qu'une surface plane EFD parallèle à l'équateur reçoit la lumière du rayon qui part du centre du Soleil & qui passe par l'ouverture C durant tout le tems que l'astre décrit le parallèle; il est clair que ce rayon décrira sur la surface EFD la circonférence d'un cercle qui fera la base du cone EFDC, de même que le parallèle AGB, est la base du cone opposé AGBC; ces deux cones ont le même axe, puisqu'ils sont opposés au sommet, & parce que leurs bases sont supposées parallèles à l'équateur, leur axe est nécessairement parallèle à celui de ce cercle; on suppose de plus que le cercle AGB est un parallèle, donc il a son centre sur l'axe de l'équateur, auquel il est aussi perpendiculaire, de même qu'à l'axe du cone AGBC, par conséquent cet axe est une portion de celui de l'équateur. Si la surface plane qui coupe le cone EFBC ou qui reçoit la lumière qui passe par l'ouverture C tandis que le Soleil décrit le parallèle AGB, cesse d'être perpendiculaire à l'axe, ou si elle devient oblique à l'équateur & au parallèle, le rayon de lumière qui décrit les deux surfaces coniques opposées, ne décrira plus par son extrémité la circonférence d'un cercle, mais une autre ligne courbe.

26. Pour déterminer l'espece de ligne courbe qui sera décrite, il faut sçavoir qu'un cone peut être coupé en cinq manieres différentes, ce qu'on appelle les cinq sections du cone ou les cinq sections coniques. 1°. Si la section

tion est perpendiculaire à l'axe, comme la section  $EFD$ , la ligne courbe décrite est la circonférence d'un cercle comme il vient d'être dit. 2°. Si le plan coupant  $HIKL$  est parallèle à un des côtés du cône, par exemple, au côté  $CE$ , la section ou la ligne courbe  $HIK$  que la surface conique ainsi coupée laisseroit sur le plan si elle y faisoit une empreinte, seroit une parabole. 3°. Si le plan coupant  $RSTV$  étant oblique à l'axe du cône coupe les deux côtés  $EC$ ,  $CD$  au-dessous du sommet  $C$ , la section  $RSTV$  sera une ellipse, qui diffère du cercle en ce que ses diamètres sont inégaux. 4°. Si le plan coupant  $MNOP$  rencontre les deux surfaces coniques opposées, la section de chacune sur le plan sera une hyperbole. Pour que la section  $MNO$  soit une hyperbole, il n'est pas nécessaire qu'il y ait deux cônes opposés au sommet, il suffit que le plan  $MNOP$  coupe un des côtés, par exemple, le côté  $EC$  au-dessous du sommet  $C$ , & l'autre côté  $DC$  au-dessus prolongé en  $Q$ . Les lignes  $IL$ ,  $RT$ ,  $PNQ$  qui divisent les sections en deux parties égales & semblables sont appelées les axes. 5°. Si le plan coupant passe par l'axe & conséquemment par le sommet commun des surfaces coniques, la section de chacune sur le plan sera un triangle ou un angle dont les côtés seront les mêmes que les côtés des surfaces coniques, tel est l'angle  $ECD$ . Ce sont là les cinq manières différentes dont un cône peut être coupé, & que l'on appelle les cinq sections coniques. Cela posé si le rayon de lumière qui décrit les deux surfaces coniques  $AGBC$ ,  $EFDC$  rencontre dans son mouvement un plan dans quelque'une des cinq situations dont on vient de parler, il décrira la section propre à la situation du plan; si le plan est perpendiculaire à l'axe, il décrira la circonférence d'un cercle; si le plan est parallèle à un des côtés de la surface conique, le rayon de lumière tracera une parabole: car ce rayon durant le tems de son mouvement se trouve sur la surface conique qu'il décrit & rencontre en même tems par son extrémité le plan qui la coupe: or ce plan ne coupe la surface conique que dans

quelqu'une de ces cinq lignes courbes. Donc le rayon qui le rencontre y décrit quelque'une de ces lignes, selon la situation qu'il a, ſçavoir la circonférence d'un cercle ſi ce plan eſt perpendiculaire à l'axe ou parallele à l'équateur ; une parabole ſ'il eſt parallele à un des côtés du cone , &c. Ces ſections ou lignes courbes ſont d'uſage dans la Gnomonique , mais on peut ſ'en ſervir ſans en ſçavoir les noms ni les propriétés. Le ſervice qu'on en peut tirer ſe fera mieux ſentir dans la catoptrique ; c'eſt principalement pour y ſervir de préparation qu'on en expoſe ici la formation par la ſection du cone , ce qui ſuffit pour notre deſſein. Ainſi on n'en dira rien de plus. On observera ſeulement que ſi le rayon de lumiere décrivant la ſurſarce conique AGBC au lieu de paſſer par une ouverture C rencontre en ce point le ſommet d'un ſtyle ou l'extrémité d'un corps mince & oblong , comme ſeroit une verge de fer implantée dans un mur , ou ſur toute autre ſurface , le prolongement CE ou CD du même rayon ſeroit une ligne d'ombre , que le ſommet du ſtyle ou de la verge de fer jetteroit derriere ou à l'opposite du Soleil ; & ſon mouvement étant le même que celui du rayon décrivant prolongé , il traceroit ſur le plan de rencontre ou ſur le plan coupant la même ligne courbe que le rayon même y traceroit en paſſant par la petite ouverture C.

*Les changemens qui ſurviennent à l'ombre ou aux traces lumineuſes qu'elle environne pendant le mouvement du lumineux.*

27. On a déjà obſervé que les ombres des corps affectent des mouvemens ſemblables à ceux du lumineux qui les éclaire , mais en ſens contraire ; cela paroîtra encore d'avantage par ce qui ſuit. On peut conſidérer dans l'ombre en mouvement trois changemens principaux , ſçavoir de figure , de ſituation , & de longueur. La figure de l'ombre dépend particulièrement de l'expoſition du corps éclairé ou du côté qu'il tourne vers le lumineux , en ſuppoſant qu'elle eſt toujours reçue ſur le même plan : ainſi l'ombre



d'un édifice qui est dans une plaine change de figure selon le côté qui est tourné vers le Soleil ; si, par exemple, un des angles regarde directement le Soleil, l'ombre sera terminée autrement que si la face principale recevoit la lumière en plein ; & elle seroit encore autrement terminée, si elle la recevoit obliquement & de côté, ou s'il n'y avoit qu'une des faces laterales qui fût éclairée. La situation du plan sur lequel un corps jette son ombre peut aussi en changer la figure ; ainsi qu'on expose un cercle directement ou perpendiculairement à la lumière du Soleil, & qu'on reçoive l'ombre sur une surface parallèle au plan du cercle, elle sera aussi circulaire, & semblable au cercle qui la jette : mais si le cercle restant dans la même place ou dans la même situation, on reçoit l'ombre sur une surface inclinée au plan du cercle, ou oblique aux rayons du Soleil, elle ne sera plus circulaire, mais elliptique. En un mot toutes les fois qu'un corps ou le luminaire qui l'éclaire changent de situation l'un par rapport à l'autre, & que la lumière ne tombe plus de même sur la face éclairée, la figure de l'ombre varie quoique sur un même plan : ainsi depuis que le Soleil se leve jusqu'à ce qu'il se couche les ombres sont dans une variation continuelle, parce que l'aspect change à chaque instant.

28. Pour ce qui est de la longueur de l'ombre sur un même plan, elle dépend uniquement de la hauteur ou de l'élévation du luminaire ; si le luminaire est sur le plan de projection l'ombre n'est point terminée suivant sa longueur, & on dit alors qu'elle est infinie : ainsi le matin lorsque le Soleil se leve, ou le soir lorsqu'il se couche, les ombres des corps ont une longueur à laquelle on ne sçauroit assigner des limites, en supposant que l'horizon sensible est un vrai plan, & que les rayons de lumière qui rencontrent les objets à l'extrémité supérieure sont parallèles à ce plan ; mais lorsque le Soleil a quelque hauteur quelques uns des rayons qui rasent les extrémités des corps ou qui passent par les sommets font un angle sen-

fible avec l'horifon , & les ombres ont alors une longueur finie & déterminée. Il feroit inutile de dire que les plus grands corps ou les plus hauts jettent les ombres les plus longues , mais ce qu'il eft utile de remarquer , c'eft qu'à la même élévation du Soleil les longueurs des ombres font proportionnelles aux hauteurs des corps ; enforte que les ombres & ces hauteurs conflituent toujours des triangles femblables dans l'hypothéfe que les ombres font fur un plan horifontal.

29. Soient les deux objets  $AB\ ab$  (*Fig. 7. 8.*) dressés fur le plan horifontal  $EG$  , la hauteur du Soleil étant mefurée par l'angle  $SDG$  ; quelques uns des rayons qui rencontrent le fommet  $A$  iront aboutir au point  $D$  , & formeront avec le plan  $EG$  l'angle  $SDG$  de l'élévation , enforte que l'espace  $ADB$  fera tout dans l'ombre , autrement la hauteur du Soleil feroit plus grande ou moindre qu'on ne la fupposée , c'est-à-dire qu'elle feroit mefurée par un angle plus grand ou plus petit que n'est l'angle  $SDG$  , donc  $BD$  fera la longueur de l'ombre fur le plan  $EG$  ; de même quelques uns des rayons qui rafent le fommet  $a$  vont rencontrer le plan  $EG$  , de maniere qu'ils font avec ce plan l'angle  $adb$  égal à l'angle  $SDG$  ou à l'angle  $ADB$  , puiſque le Soleil a la même élévation pour tous les objets qui font fur l'horifon ; donc  $bd$  fera la longueur de l'ombre. Cela poſé , il eft évident (*8. Geom.*) que les triangles  $ADB\ adb$  font femblables , car les angles  $D, d$  font égaux , les angles  $B, b$  font droits , donc  $AB.ab :: BD.bd$  , c'est-à-dire que les longueurs des ombres font proportionnelles aux hauteurs des objets.

30. Il eft clair que les ombres diminuent à meſure que le Soleil monte , parce que les rayons qui rafent les ſommets des corps , & qui vont rencontrer l'horifon plongent d'avantage , à meſure que l'aſtre eft plus élevé : ainſi lorsque le Soleil a la hauteur  $SCG$  , (*Fig. 9*) les rayons  $SAC$  qui font avec le plan  $EG$  l'angle de la hauteur étant plus dressés que les rayons  $SAD$  , lorsque la hauteur eft meſurée par l'angle  $SDG$  , l'ombre  $CB$  eft néceſſairement plus courte

que l'ombre DB. Si on prend la hauteur AB de l'objet pour le sinus total, les longueurs BC, BD feront les tangentes des angles BAC, BAD, lesquels sont les complemens des deux élévations SCG, SDG; donc les longueurs des ombres d'un même corps sont comme les tangentes des complemens des hauteurs du Soleil. Si le complément BAC, ou BAD est égal à l'angle de la hauteur ou de l'élévation, ce qui arrive au moment que l'astre est élevé de 45 degrés, pour lors la tangente du complément de l'élévation est égale au sinus total, car dans cet instant le triangle ABC est isoscele, (6. *Geom.*) donc la longueur de l'ombre est égale à la hauteur de l'objet.

*Usages de la longueur de l'ombre.*

31. Ces propositions sont d'usage dans la pratique. 1°. On peut se servir de l'ombre d'un corps fort élevé pour en mesurer la hauteur. Il faut observer le moment auquel le Soleil a 45 degrés d'élévation, & mettre aussi-tôt une marque à l'extrémité de l'ombre, laquelle étant mesurée suivant sa longueur donnera la hauteur de l'objet: parce que suivant ce qui vient d'être dit l'astre ayant l'élévation de 45 deg. l'objet éclairé jette une ombre égale à sa hauteur. 2°. Si on ne veut point attendre que l'astre soit élevé de 45 degrés, on plantera une perche perpendiculaire à l'horison, & dans le même instant on mettra une marque à l'extrémité de chaque ombre, on mesurera ensuite la longueur de l'une & de l'autre: & on fera cette proportion l'ombre de la perche est à l'ombre de l'objet, comme la hauteur de la perche est à la hauteur de l'objet; le quatrième terme sera connu par le moyen des trois premiers. (10. *Arihm.*) 3°. On peut diviser une méridienne. La méridienne en général c'est la commune section du méridien & de l'horison; & une méridienne est une portion de cette section ou ligne tracée sur un plan horisonal. A l'extrémité la plus voisine du Sud on élève perpendiculairement un corps oblong terminé en pointe, appelé Gno-

mon, & à midi lorsque le centre du Soleil est dans le méridien, l'ombre du Gnomon est couchée sur la méridienne: or la longueur de cette ombre augmente continuellement depuis le solstice d'été jusqu'au solstice d'hiver; & elle diminue ensuite par les mêmes degrés depuis le solstice d'hiver jusqu'au solstice d'été, parce que la hauteur méridienne du Soleil diminue sans cesse depuis le solstice d'été jusqu'au solstice d'hiver; après quoi elle augmente lorsqu'il remonte & qu'il tend vers le solstice d'été: or toutes les hauteurs méridiennes du Soleil sont connues par l'observation, donc si on connoît une longueur d'ombre du Gnomon lorsque le Soleil est au méridien, on trouvera toutes les autres longueurs, parce que ces longueurs sont comme les tangentes des compléments des hauteurs méridiennes, lesquelles sont supposées connues. EG (Fig. 9) peut représenter le plan horizontal & la méridienne qu'on y a tracé, & qu'il s'agit de diviser; AB le Gnomon, BD l'ombre la plus longue, lorsque la moindre hauteur méridienne est mesurée par l'angle SDG, & BC l'ombre la plus courte lorsque la plus grande hauteur méridienne est mesurée par l'angle SCG; ainsi toutes les divisions seront comprises entre les extrémités C, D: si l'une des deux longueurs est connue, on trouvera les autres par la proportion qu'on vient d'indiquer. Ces longueurs étant rapportées sur la méridienne, elle sera divisée & l'on sçaura qu'elle doit être tous les jours de l'année à midi la longueur de l'ombre du Gnomon; on le sçaura, dis je, soit en portant la vûe sur les divisions, soit par le calcul sans regarder la méridienne: & imaginant une ligne qui parte de l'extrémité de l'ombre & qui passe par le sommet du Gnomon, on aura la hauteur méridienne qui donne cette longueur d'ombre. Comme le Gnomon doit être inébranlable, on fait servir à cet usage un mur solide qui soit à l'épreuve des injures du tems; on y perce un trou par où la lumière du Soleil passe, lorsqu'il est au méridien; & la distance perpendiculaire depuis le trou jusqu'au plan horizontal est la hauteur du Gnomon.



32. On dira peu de chose du mouvement de l'ombre. La principale utilité qu'on en tire c'est de la faire servir à diviser le tems en parties, sçavoir heures, demi heures, &c. comme on le va voir dans ce qu'on dira ici des principes de la Gnomonique. On remarquera seulement que l'ombre étant toujours mûe en sens contraire du lumineux, lorsque le Soleil tourne dans son mouvement journalier de l'Orient vers l'Occident par le midi, les ombres des corps se meuvent de l'Occident vers l'Orient par le Septentrion; & parce que l'arc diurne que le Soleil décrit depuis le solstice d'hiver augmente dans la sphere oblique jusqu'à ce qu'il soit arrivé au solstice d'été, de même les arcs que les ombres des corps décrivent durant ce tems sur l'horison augmentent aussi; c'est-à-dire qu'ils embrassent un plus grand champ, ce qu'on peut verifier en jettant la vûe sur un cadran horisontal. Ces arcs diminuent ensuite lorsque le Soleil retrograde, & qu'il va du solstice d'été au solstice d'hiver. Dans les pays qui ont des jours de plus de 24 heures, comme au-delà des cercles polaires, le Soleil tourne tout autour de l'horison; les ombres font aussi leur tour en même tems, & parce que le Soleil se trouve deux fois dans le méridien dans l'intervalle de 24 heures elles marquent aussi sur un cadran horisontal deux fois midi. Le jour des équinoxes, jour auquel le Soleil parcourt l'équateur, ce qui arrive deux fois dans l'année, les extrémités des ombres décrivent des lignes droites, lesquelles, sur un plan horisontal, passent par les points du vrai Orient & du vrai Occident: dans les autres tems de l'année, lorsque le Soleil décrit les paralleles à l'équateur, leurs extrémités tendent le matin & le soir vers des points de l'horison différens du vrai Orient & du vrai Occident, & les lignes qu'elles tracent sont courbes; cependant c'est toujours une des cinq sections coniques comme il a été dit. Ce qui fera encore éclairci dans la suite.

# PREMIERS PRINCIPES

## De la Gnomonique.

II. 1. **L**A Gnomonique emprunte toute sa certitude de l'Astronomie, & l'Astronomie se fondant sur l'exactitude des observations s'applique à découvrir les vraies causes des mouvemens apparens des astres, ou du moins à substituer des hypothèses, qui ayant lieu donneroient les mêmes apparences. Il est donc nécessaire avant que d'entrer dans la Gnomonique de rappeler les principales circonstances du mouvement du Soleil; on les trouvera expliquées plus au long dans le traité d'Astronomie. On déduira en même tems les suppositions dont on aura besoin dans la suite.

### *Suppositions tirées de l'intersection des plans.*

2. Dans la construction des cadrans on a besoin de considérer les intersections des cercles de la sphere entr'eux, & avec le plan du cadran. Voici à quoi on peut réduire ce qu'il en faut sçavoir pour entendre la suite. 1°. La commune section de deux plans tels que ABCD, EBCF (Fig. 10.) est une ligne droite comme BC. On sçait que si on plie une feuille de papier en deux, on aura deux surfaces planes qui se rencontreront dans le pli qu'on aura fait & qui sera leur commune section; or ce pli est une ligne droite. 2°. Si deux plans ABCD EBCF sont perpendiculaires à un troisième plan GH, leur commune section BC est perpendiculaire au même troisième; & si leur commune section BC est perpendiculaire à un troisième plan ils sont l'un & l'autre perpendiculaires à ce plan. La première partie de cette supposition est évidente. Car si BC étoit oblique, il y auroit nécessairement un des plans qui seroit oblique au troisième tel que GH, puisqu'il seroit incliné de même que la commune section BC, ce qui est contre l'hypothèse. La seconde partie est

aussi évidente, car si la commune section  $BC$  est perpendiculaire à un troisième plan, les plans  $ABCDEBCF$  qui passent le long de cette perpendiculaire ne sçauroient être inclinés. Pour en avoir une preuve sensible, il faut imaginer une feuille de papier dont les deux feuillets soient coupés d'équerre. La feuille étant posée sur une table qui servira de troisième plan, on verra qu'en écartant le deux feuillets de manière qu'ils fassent l'angle  $DCF$ , le pli ou la commune section  $BC$  sera perpendiculaire au plan de la table, puisque cette ligne est perpendiculaire aux côtés  $DC$   $FC$  qui sont sur la table; par conséquent les plans  $ABCD$   $EBCF$  seront perpendiculaires à la table. Et s'ils sont perpendiculaires à la table, la commune section  $BC$  ne sauroit être oblique, parce qu'alors il y auroit nécessairement un des deux plans qui suivroit l'inclinaison de la ligne  $BC$ , & dès-lors il ne seroit plus perpendiculaire ainsi qu'il vient d'être dit. 3°. Si deux plans  $ABCD$ ,  $EBCF$  sont perpendiculaires à un troisième, leur commune section  $BC$  est perpendiculaire aux communes sections  $DC$   $FC$  des mêmes plans avec ce troisième, par exemple, avec le plan de la table, car  $BC$  est perpendiculaire au plan de la table, donc elle est perpendiculaire à toutes les lignes qu'on tirera sur ce plan autour du point  $C$ ; elle est donc perpendiculaire aux côtés  $DC$ ,  $FC$  suivant lesquels les deux plans rencontrent le troisième qui est le plan de la table. 4°. Reciproquement si la commune section  $BC$  des plans  $ABCD$   $EBCF$  est perpendiculaire aux lignes  $DC$   $FC$  qui sont leurs communes sections avec un troisième plan, elle est perpendiculaire au même troisième plan. Car pour lors le plan  $DFC$  sur lequel les lignes  $DC$   $FC$  sont tirées, & auquel  $BC$  est perpendiculaire se confond avec le troisième plan, par exemple, le plan de la table. 5°. L'angle que deux plans  $ABCD$   $EBCF$  font entr'eux est égal à l'angle rectiligne  $DCF$  que font entr'eux les côtés  $DC$   $FC$  perpendiculaires à la commune section  $BC$ , car les deux plans s'ouvrent & se ferment précisément de la même ma-

niere que les côtés de l'angle rectiligne DCF, ou ce qui est la même chose, tous les points des lignes AD EF paralleles à la commune section BC décrivent, à mesure que les plans s'ouvrent & se ferment d'avantage, les mêmes arcs que les côtés DC, FC perpendiculaires à la section BC : or il est visible que les plans ABCD EBCF s'ouvrent, & se ferment précisément d'autant que ces arcs sont grands. Par conséquent ces arcs, ou ce qui est la même chose l'ouverture de l'angle rectiligne DCF, dont les côtés sont perpendiculaires à la commune section BC mesure l'angle des deux plans.

3. 6°. L'axe d'un cercle est une ligne perpendiculaire à son plan laquelle le traverse au centre ; les extrémités de l'axe sont appelés poles. Donc les poles d'un cercle sont également distans de tous les points de la circonférence. Car si un pole étoit plus proche d'un point de la circonférence que des autres, l'axe seroit plus incliné vers le point le plus proche, & dès-lors il ne seroit plus perpendiculaire. Si l'axe est supposé égal au diamètre, les poles seront éloignés de la circonférence de 90 degrés ou d'un quart de la même circonférence. 7°. Si un cercle perpendiculaire à un autre passe par le centre, il passera aussi par l'axe, & par conséquent par les poles ; & s'il passe par les poles, il passera aussi par l'axe & par le centre, & il sera perpendiculaire à cet autre cercle. 8°. Si deux cercles perpendiculaires à un troisième passent par le centre, ils passeront tous deux par l'axe, & par les poles ; ainsi l'axe fera la commune section : & s'ils passent par les poles du troisième cercle, ils seront perpendiculaires à son plan, & l'axe sera leur commune section. Ces suppositions sont évidentes après ce qu'on a dit de l'intersection des plans.

*Suppositions tirées de la Sphere Armillaire &  
de l'Astronomie.*

4. Les cercles de déclinaison sont des cercles qui passent par les poles du monde ou de l'équateur, auquel ils



sont par conséquent perpendiculaires. Si on conçoit qu'ils le divisent en 24 parties égales, en autant qu'il y a d'heures dans un jour, on les appelle cercles horaires, & ils sont au nombre de 12; parce qu'un même cercle coupant l'équateur en deux points diamétralement opposés, 12 cercles suffisent pour le couper en 24 parties égales, dont chacune contient 15 degrés. Le Soleil parcourant tous les jours par son mouvement diurne l'équateur ou un parallèle, se trouve donc à la fin de chaque heure sur un cercle horaire: ainsi à midi ou à la fin de la douzième heure il est au méridien, à 6 heures il est sur le cercle horaire de la sixième heure, & ainsi des autres cercles horaires; & parce qu'un même cercle coupe l'équateur en deux points opposés, il s'ensuit que l'astre se trouve deux fois dans un jour sur un même cercle horaire.

5. Le cercle de 6 heures, & le méridien font un angle droit entr'eux. Car l'arc de l'équateur compris entre ces deux cercles est de 90 degrés, ce qui est évident, y ayant depuis 6 heures jusqu'à midi 6 heures complètes: or le Soleil parcourt suivant l'équateur ou ses parallèles 15 degrés dans une heure, donc dans 6 heures il parcourt 6 fois 15 ou 90 degrés: d'où il suit que le cercle de 6 heures est perpendiculaire au méridien, & qu'il passe par les poles de ce cercle. Or les poles du méridien sont aux points du vrai Orient & du vrai Occident; donc le cercle de 6 heures passe par ces mêmes points. L'horison & l'équateur sont perpendiculaires au méridien de même que le cercle de 6 heures, par conséquent ces trois cercles se coupent dans les mêmes points, sçavoir les points du vrai Orient & du vrai Occident ou aux poles du méridien. L'angle que le cercle de 6 heures & l'horison font entr'eux, est égal à l'angle de la hauteur du pole; car cet angle est compris entre l'axe de l'équateur & la section du méridien avec l'horison. Or ces deux lignes sont les communes sections du cercle de 6 heures & de l'horison avec le méridien auquel ces deux cercles sont perpendiculaires. Donc la commune section du cercle de 6

heures & de l'horison est perpendiculaire aux sections qu'ils font sur le méridien ou aux côtés de l'angle qui mesure la hauteur du pôle ; donc l'angle que ces cercles font entr'eux est égal à l'angle de la hauteur du pôle.

Toutes les observations des Astronomes tant anciens que nouveaux s'accordent à prouver que le Soleil est dans un si grand éloignement que la terre étant observée de cette distance , à peine pourroit-elle être aperçue à la vûe simple , quoiqu'éclairée de la lumière de cet astre ; tant son diamètre est petit par rapport à cet éloignement. On peut donc supposer , lorsqu'il s'agit du mouvement de la lumière du Soleil , que tous les points de la surface de la terre se confondent avec le centre , ou ce qui est la même chose , qu'il n'y aura aucune différence sensible dans le progrès de l'ombre , soit qu'on reçoive la lumière du Soleil durant son mouvement journalier , à la surface de la terre , ou près du centre ; que les grands cercles de la sphère se couperont aussi bien en deux parties égales , en supposant que leur centre commun est à la surface , & que le mouvement du Soleil autour de ce centre ne diffère en rien de son mouvement autour du centre de la terre.

*Conséquences qui suivent de cette dernière supposition.*

6. Si on attache à un mur ou à une autre surface à volonté , un corps mince & oblong de figure cylindrique parallèlement à l'axe du monde ou de l'équateur , le mouvement de son ombre sur cette surface se fera de même que si étant transporté tout près du centre on le plaçoit sur l'axe même. Donc ce corps ainsi situé à la surface de la terre , pourra être considéré comme l'axe du monde , & un de ses points comme le centre ; & les cercles que l'on décrira de ce point , comme étant sur les plans des grands cercles de la sphère. Par exemple , un cercle qu'on décrira de ce point parallèlement à l'équateur , sera censé être sur le plan même de l'équateur ; les cercles de dé-

clinaison & tous les cercles horaires se couperont sur cet axe qui fera leur commune section, l'équateur & ses parallèles l'auront pour leur axe commun, c'est-à-dire qu'il les traversera tous par le centre perpendiculairement à leurs plans.

*Suppositions propres à la Gnomonique.*

7. Imaginons qu'une extrémité de l'axe supposé est le centre du monde, les grands cercles de la sphere, le méridien, l'horison, l'équateur & les cercles horaires l'auront aussi pour leur centre commun; imaginons aussi que ces cercles ont autour de ce point la situation propre & naturelle qui leur convient; c'est-à-dire que l'horison est parallèle à la surface de la terre, que le méridien est perpendiculaire à cette surface, & que l'équateur est perpendiculaire à l'axe, que le cercle de 6 heures coupe l'horison & l'équateur aux points du vrai Orient & du vrai Occident, & que les autres cercles horaires coupent ensuite l'équateur de 15 en 15 degrés. Cela posé le Soleil durant son mouvement diurne, aura à la fin de chaque heure son centre sur un cercle horaire; à 6 heures du matin & du soir, il sera sur le cercle de 6 heures; à midi & à minuit il sera sur le méridien; à 4 heures du matin & à 4 heures du soir, il sera sur le cercle horaire de 4 heures, & ainsi des autres heures. Or si dans le moment que le centre du Soleil est sur un cercle horaire, on marque sur le plan du cadran, la ligne d'ombre que l'axe y fait, on aura la commune section du cercle horaire avec le plan du cadran; car l'ombre de l'axe est sur le plan du cercle horaire, puisqu'elle est toujours dirigée vers le côté directement opposé au luminaire, donc le cercle horaire rencontrera le plan du cadran dans la ligne d'ombre que l'axe y fait au moment que le centre du Soleil est sur ce cercle. On aura de la même manière les communes sections des autres cercles horaires avec le plan du cadran.

8. Ces lignes qu'on appelle lignes horaires ont une situation invariable, sur le plan du cadran, c'est-à-dire que durant toute l'année le Soleil à la même heure se trouve sur le même cercle horaire; par conséquent la section de ce cercle avec le plan du cadran répond à la même heure, & elle se fait précisément au même endroit; car il n'y a que le mouvement en déclinaison, ou suivant l'écliptique, qui pourroit accélérer ou retarder le mouvement journalier suivant l'équateur, & empêcher que le Soleil n'arrive à la même heure au même cercle horaire; or le premier de ces mouvemens n'altère point l'autre, parce que le Soleil fait toujours sa révolution diurne en 24 heures; ainsi l'équateur est toujours divisé par les cercles horaires aux mêmes points, & les communes sections de ces cercles avec le plan du cadran sont toujours sur les mêmes lignes, donc les lignes horaires ont une situation invariable. Donc si une fois elles sont tracées sur le plan du cadran elles diviseront le tems en parties égales, en heures, si les cercles horaires divisent l'équateur de 15 en 15 degrés, en demi-heures &c., si l'équateur est divisé par les cercles horaires en 48 parties égales de 7 d.  $\frac{1}{2}$  chacune. On ne touche point ici l'inégalité dont on a parlé dans l'Astronomie. Or la Gnomonique donne des regles pour trouver sur le plan du cadran la position des lignes horaires.

9. Les lignes horaires sont des lignes droites; car l'ombre de l'axe qui les donne est une extension du cercle horaire; c'est-à-dire qu'elle fait partie du plan de ce cercle sur lequel l'axe qui la jette est couché: or la rencontre ou la section d'un plan avec un autre plan est une ligne droite.

10. Le point où l'axe rencontre le plan du cadran est appelé le centre du cadran, & toutes les lignes horaires se rencontrent en ce point; car les cercles horaires ont leur commune section sur l'axe, donc ils rencontrent tous le plan du cadran au même point que l'axe: or les lignes horaires sont les sections des cercles horaires avec le plan du cadran; donc elles passent par tous les points où ils



le rencontrent ; donc elles passent par le centre du cadran.

11. On a considéré les lignes horaires comme autant de projections de l'axe ou de son ombre , on peut concevoir leur position d'une autre manière sans considérer la longueur de l'axe. Il ne faut faire attention qu'au point qui est le centre des grands cercles , & que l'on suppose être le centre de l'Univers ; on l'appelle le *Sommet du style*. Il faut imaginer que de tous les points de la circonférence d'un cercle horaire on tire des lignes qui passent par le sommet du style elles seront toutes sur le plan du cercle , & formeront elles-mêmes ce plan , & la rencontre avec le plan du cadran fera la ligne horaire répondante à ce cercle. De cette façon on considère les lignes horaires comme des projections des cercles horaires , & c'est le sommet du style qui en donne la position. On aura de la même manière les projections de l'équateur & de l'horizon ; celle de l'équateur est appelée ligne *équinoxiale* ou simplement l'équinoxiale , & la projection de l'horizon l'*horizontale*. Les projections des grands cercles sont des lignes droites , parce que tous les points de la circonférence d'où l'on tire les lignes qui forment la projection , & le sommet du style par où elles passent sont sur le plan du cercle à projeter , ou même elles le forment , la projection d'un grand cercle est donc une ligne droite . mais la projection d'un petit cercle , par exemple , d'un parallèle à l'équateur est nécessairement une ligne courbe ; car les lignes tirées des points de la circonférence au sommet du style ne sont point dans un même plan , elles forment , comme il a été dit , une surface conique , parce que le sommet du style est hors du plan de la circonférence. Or la ligne courbe sur le plan de projection ou du cadran est une des cinq sections coniques ; donc la projection d'un petit cercle est une ligne courbe.

12. Si du sommet du style on abaisse une perpendiculaire au plan du cadran , elle est appelée *style droit* , ou la *hauteur du style* , & le point où elle rencontre le plan

est le *pied du style*. Il suit de-là que tous les grands cercles qui sont perpendiculaires au plan du cadran se coupent au pied du style. Car ils passent par le sommet qui est regardé comme le centre de la terre ou du monde, & par la hauteur du style puisqu'on les suppose perpendiculaires au plan du cadran ; donc ils se coupent au pied du style droit qui est leur commune section ; donc les intersections des mêmes cercles avec le plan du cadran passent par le pied du style.

13. L'équateur est perpendiculaire à tous les cercles horaires, mais la ligne équinoxiale ne sçauroit être perpendiculaire à toutes les lignes horaires qui sont des lignes droites, & qui d'ailleurs concourent au centre du cadran ; il peut même se faire qu'elle ne soit perpendiculaire à aucune ligne horaire, parce qu'il peut arriver que tous les cercles horaires soient obliques au plan du cadran : mais quelle que soit leur situation à l'égard de ce plan, il y a toujours un cercle de déclinaison qui passe par le style droit, & qui est par conséquent perpendiculaire au plan du cadran ; si ce cercle est un des 12 cercles horaires son intersection avec le plan du cadran sera une ligne horaire, sinon cette ligne se trouvera parmi les lignes horaires sans être du nombre, & elle concourra de même au centre du cadran ; cette ligne ou intersection, soit qu'elle soit du nombre des lignes horaires ou non est appelée la *soustylaire* ; elle est d'un grand usage dans la construction des cadrans. Il est clair qu'elle passe par le pied du style, puisque le cercle dont elle est la projection y passe. La ligne équinoxiale est perpendiculaire à la *soustylaire*. Car l'équinoxiale est la commune section de l'équateur & du plan du cadran : or ce plan & l'équateur sont perpendiculaires au cercle de déclinaison dont la *soustylaire* est la projection, donc leur commune section est perpendiculaire au même cercle & à toutes les lignes qu'elle y rencontre ; elle est donc perpendiculaire à la *soustylaire*, qu'elle coupe nécessairement de même que les lignes horaires, entre lesquelles celle-ci est située. La *soustylaire* est

est encore appelée la méridienne du plan , parce que le Soleil dans son mouvement diurne étant arrivé au cercle de déclinaison dont la soustylaire est la projection , est à sa plus grande hauteur audeffus du plan du cadran étant également éloigné du bord oriental & du bord occidental du même plan , comme il est à sa plus grande hauteur audeffus de l'horison lorsqu'il est au méridien où il est aussi également éloigné de son lever & de son coucher ; c'est pourquoi le cercle de déclinaison dont il s'agit est appelé le méridien du plan. Si le plan du cadran est perpendiculaire à l'horison , l'horizontale passe par le pied du style ; si le plan du cadran est oblique à l'horison , l'horizontale passera audeffus ou audeffous de ce point , elle sera au dessus si le plan du cadran fait un angle obtus avec l'horison , elle sera audeffous si cet angle est aigu.

*Diverses especes de Cadrans.*

14. On distingue les cadrans par la situation qu'ils ont à l'égard de l'horison , & des quatre points cardinaux, l'Orient , l'Occident , le Septentrion & le Midi. Par rapport à l'horison ils sont verticaux , inclinés & parallèles à l'horison , ou horizontaux. Par rapport aux points cardinaux , ils sont directement tournés vers quelque un de ces points , ou bien ils en déclinent, dans le premier de ces deux cas ils sont appelés réguliers, & irréguliers s'ils déclinent. S'ils sont déclinants & inclinés tout à la fois, on les appelle mixtes. Les cadrans réguliers sont perpendiculaires au méridien ou au premier vertical , les cadrans réguliers méridional & septentrional sont perpendiculaires au méridien ; & les cadrans réguliers oriental & occidental sont perpendiculaires au premier vertical. Les verticaux sont des grands cercles perpendiculaires à l'horison , lesquels passent par le point vertical appelé Zénit qui est un des poles de ce cercle. Le méridien qui est du nombre des verticaux passe par le Nord & le Sud , le premier vertical par l'Est & l'Ouest ou par les points du vrai Orient & du vrai Occident. Tout cadran

déclinant soit vertical soit incliné à l'horison est perpendiculaire à un vertical. Car tout cercle vertical, quelle qu'en soit la situation entre les quatre points cardinaux, peut toujours rencontrer perpendiculairement un plan vertical ou incliné à l'horison : or la déclinaison d'un cadran c'est l'angle que le méridien fait avec le vertical qui est perpendiculaire au plan du cadran, ou c'est l'arc de l'horison compris entre le méridien & ce vertical : la déclinaison se prend donc du Septentrion ou du midi vers l'Orient & vers l'Occident. Suivant cette définition on pourra toujours trouver la déclinaison du plan du cadran en cette maniere. On tracera la méridienne sur un plan horizontal, laquelle étant prolongée s'il est nécessaire rencontre le plan du cadran, du point de rencontre on menera sur ce plan une ligne horizontale ou de niveau sur laquelle & du même point on élèvera une autre ligne perpendiculaire & couchée sur le plan horizontal. L'angle formé par cette perpendiculaire & la méridienne tracée sur ce plan fera la déclinaison du plan du cadran ; car supposons que MNOP ( *fig. 10.* ) est le plan du cadran, DC la méridienne tracée sur le plan horizontal GH, laquelle rencontre le plan MNOP au point C, MCP la ligne horizontale ou de niveau tirée par ce point, FC la perpendiculaire à la même MCP & couchée sur le plan horizontal GH. Il est évident que les deux plans ABCD EBCF étant supposés perpendiculaires au plan horizontal GH représentent deux cercles verticaux, & que BC qui est leur commune section est perpendiculaire aux intersections DC FC de ces cercles avec le plan horizontal GH ; donc l'angle DCF mesure l'angle que ces mêmes cercles font entr'eux : or puisque DC est la méridienne, & que MCP qui est la commune section du plan du cadran & du plan horizontal GH est par la construction perpendiculaire aux intersections FC BC du vertical EBCF avec le plan GH & le plan du cadran, il s'ensuit que ce second plan est perpendiculaire au vertical EBCF ; donc l'angle DCF, mesure l'angle que ce vertical perpendiculaire au plan du cadran



fait avec le méridien, donc il mesure aussi la déclinaison du plan.

15. On pourra toujours avoir la méridienne sur un plan horizontal qui coupe le plan du cadran. Car les plans qui déclinent du Nord vers l'Orient ou vers l'Occident sont éclairés le matin & le soir; c'est-à-dire avant & après midi; donc on pourra y ajuster une surface horizontale sur laquelle on tracera la méridienne comme on feroit si le plan proposé étoit tourné vers le midi; donc si du point où la méridienne rencontrera le plan, on tire sur la surface horizontale une perpendiculaire à la commune section, on aura l'angle de la déclinaison.

16. On aura l'inclinaison du plan en laissant tomber du haut une ligne à plomb, & l'angle qu'elle fera avec le plan étant retranché de l'angle droit ou de 90 deg. le reste sera l'inclinaison demandée.

### *Des cadrans en particulier.*

17. 1°. Le cadran équinoxial est sur un plan parallèle à l'équateur. Il suit de cette définition. 1°. Que l'axe est perpendiculaire au plan de ce cadran, ( Art. II. n. 3. 4 ) 2°. Si du point où l'axe le rencontre on décrit une circonférence divisée en 24 parties égales par les 12 cercles horaires, le Soleil la parcourant en 24 heures par son mouvement diurne fera une division ou 15 degrés toutes les heures; & lorsqu'il sera sur un cercle horaire l'ombre de l'axe s'étendra vers le côté opposé sur le plan de ce cercle; mais ce ne sera qu'une ligne d'ombre sur le plan du cadran, parce que la section de ce plan & du cercle horaire est une ligne droite, donc le Soleil tournant autour du cadran équinoxial, l'ombre qui sera mûe autour de l'axe, comme le rayon d'un cercle autour de la circonférence, décrira des arcs égaux ou semblables à ceux que le Soleil décrit; c'est-à-dire des arcs de 15 degrés toutes les heures. Le cadran équinoxial est donc le plus aisé à construire, puisqu'il suffit de diviser un cercle en 24 parties égales. Le cadran équinoxial a deux faces,

l'une qui regarde le Midi, & l'autre le Septentrion. Le Soleil éclaire la premiere depuis l'équinoxe d'Automne jusqu'à l'équinoxe du Printems, & l'autre depuis l'équinoxe du Printems jusqu'à l'équinoxe d'Automne.

18. 2°. Le cadran horifontal est sur un plan parallèle à l'horifon. Il suit de cette définition. 1°. Que l'axe fait avec ce plan un angle égal à la hauteur du pole, & l'équateur un angle égal au complement de cette hauteur, de même que dans la sphere armillaire. 2°. Le cercle de 6 heures, l'équateur & le plan du cadran sont perpendiculaires au méridien; (Art. II. n. 5.) donc les communes sections du plan du cadran avec le cercle de 6 heures & avec l'équateur sont perpendiculaires au méridien, & à la méridienne qu'elles rencontrent; (Art. II. n. 2.) donc elles sont paralleles entr'elles, ainsi la ligne de 6 heures & l'équinoxiale sont perpendiculaires à la méridienne; la ligne de 6 heures passe par le centre du cadran; à l'égard de l'équinoxiale sa position dépend du point de l'axe qu'on choisit pour être le sommet du style ou le centre de l'Univers. 3°. La méridienne ne diffère point de la soustylaire, parce que le méridien qui est un cercle de déclinaison est perpendiculaire au plan du cadran; ainsi le méridien du lieu & le méridien du cadran étant un même cercle, la méridienne & la soustylaire sont une même ligne.

19. 3°. Dans un cadran regulier méridional ou perpendiculaire au méridien, & à l'horifon, ou ce qui est la même chose parallèle au premier vertical. 1°. L'inclinaison de l'axe est égale au complement de la hauteur du pole, car le plan du cadran & l'horifon font un angle droit dont l'hypothéneuse est une partie de l'axe, & cet angle est formé par les communes sections de ces deux plans avec le méridien, c'est-à-dire qu'il est formé par la méridienne sur le plan horifontal & la méridienne sur le plan du cadran qui regarde directement le Midi: il se forme donc un triangle rectangle de ces deux lignes & de l'axe, donc les angles aigus qu'elles forment avec l'axe sont com-

plement l'un de l'autre ; or l'axe fait avec l'horifon un angle égal à la hauteur du pole , donc l'angle qu'il fait avec un plan vertical méridional ou perpendiculaire au méridien est le complement de cette hauteur. 2°. La ligne de 6 heures & l'équinoxiale de même que l'horizontale sont perpendiculaires à la méridienne , par la raison que les communes sections du plan du cadran avec ces cercles sont perpendiculaires au méridien , ( Art. II. n. 2. 5. ) & par conséquent à la méridienne qu'elles rencontrent. 3 . Dans ce cadran la méridienne & la soustylaire sont une même ligne , parce que le méridien du lieu & le méridien du plan sont un même cercle.

20. 4°. Le cadran regulier septentrional se décrit sur la face opposée au plan du cadran regulier méridional , donc la ligne de 6 heures , l'horizontale & l'équinoxiale sont perpendiculaires à la méridienne ou plutôt à la ligne de minuit ; l'axe fait avec le plan un angle égal au complement de la hauteur du pole , de même que dans le cadran méridional ; avec cette différence que l'ouverture de l'angle est tournée vers le ciel , au lieu que dans le cadran méridional elle est tournée vers la terre ou vers l'horifon ; par conséquent dans le cadran Septentrional l'horizontale & l'équinoxiale sont au-dessus de la ligne de 6 heures , parce que le centre du cadran par où cette ligne passe est le point le plus bas de l'axe.

5°. Dans un cadran regulier oriental , c'est-à-dire perpendiculaire au premier vertical , & parallele au méridien. 1°. Le plan est parallele à l'axe , car l'axe est sur le méridien , lequel suivant l'hypothèse est parallele au plan du cadran ; donc toutes les lignes qu'on peut imaginer tirées dans ce cercle comme l'axe , sont paralleles au plan du cadran , ou ce qui est la même chose , elles ne rencontrent ce plan qu'à une distance infinie ; donc le centre du cadran est à une distance infinie ; donc les lignes horaires qui concourent avec l'axe au centre du cadran , ne se rencontrent qu'à une distance infinie , donc elles sont paralleles entr'elles. 2°. L'équateur , l'horifon & le cercle

de 6 heures sont perpendiculaires au méridien ou au plan du cadran ; ( Art. II. n. 5. ) donc ils passent tous trois par le pied du style , donc leurs intersections avec le plan du cadran, c'est-à-dire l'équinoxiale, l'horizontale, & la ligne de 6 heures passent aussi par le pied du style. ( Art. II. n. 12 ) 3°. L'horison & le cercle de 6 heures font un angle égal à la hauteur du pôle , ( Art. II. n. 5. ) & cet angle est mesuré par l'arc du méridien compris entre les communes sections de ce cercle avec l'horison & le cercle de 6 heures , lesquelles ne diffèrent point de la ligne de 6 heures & de l'horizontale , puisque le plan du cadran est parallèle au méridien ; donc la ligne de 6 heures & l'horizontale font entr'elles un angle égal à la hauteur du pôle. 3°. La ligne équinoxiale & l'horizontale font un angle qui est égal au complément de la hauteur du pôle. L'équateur fait avec l'horison un angle égal au complément de la hauteur du pôle ; or ces deux cercles étant perpendiculaires au méridien ou au plan du cadran leurs communes sections avec ce plan , c'est-à-dire l'équinoxiale & l'horizontale font le même angle que les deux cercles dont elles font les sections , ( Art. II. n. 2. ) par conséquent l'équinoxiale & l'horizontale font un angle qui est le complément de la hauteur du pôle. 4°. La ligne équinoxiale est perpendiculaire à la ligne de 6 heures. Car l'équateur & le cercle de 6 heures font un angle droit ; de plus ils sont perpendiculaires au méridien ou au plan du cadran donc leurs communes sections avec ce plan , c'est-à-dire la ligne équinoxiale & la ligne de 6 heures font aussi un angle droit.

22. Tout ce qui vient d'être dit du cadran régulier oriental convient au cadran régulier occidental , parce qu'on le trace sur la face opposée à celle du cadran oriental.

23. 6°. Dans un cadran vertical déclinant , 1°. la méridienne est perpendiculaire à l'horizontale , car le méridien & le plan du cadran sont perpendiculaires à l'horizon , donc leur commune section , c'est-à-dire la



méridienne est perpendiculaire à l'horizon, & par conséquent à l'horizontale qu'elle rencontre ( Art. II. n. 2. ).

2°. L'horizontale, l'équinoxiale & la ligne de 6 heures se coupent en un même point, puisque l'horizon, l'équateur & le cercle de 6 heures dont ces lignes sont les projections, se coupent dans les mêmes points, sçavoir les poles du méridien ( Art. II. n. 5. ). Dans un cadran horizontal & dans un cadran régulier méridional ou septentrional, ces lignes sont parallèles, ou ce qui est la même chose, elles sont entr'elles des angles infiniment petits ou les moindres qu'il soit possible, & ne concourent qu'à une distance infinie; dans un cadran régulier oriental ou occidental elles se coupent au pied du style, & elles sont entr'elles les plus grands angles qu'il soit possible, ou égaux à ceux que sont entr'eux les cercles dont elles sont les projections; dans les cas d'entre deux le point de concours s'approche du pied du style à mesure que la déclinaison augmente, & il s'en éloigne si la déclinaison diminue; ainsi la grandeur des angles que ces lignes sont entr'elles varie avec l'angle de la déclinaison.

3°. Dans un cadran vertical déclinant on a la position de la méridienne, si à midi, de l'extrémité de l'ombre de l'axe ou de l'ombre du sommet du style qui est toujours un point de l'axe, on tire une ligne perpendiculaire à l'horizontale; car à midi l'ombre de l'axe ou du sommet du style est couchée sur le méridien, puisque dans ce moment le Soleil a son centre au méridien, donc à midi l'ombre se termine à un des points où le méridien coupe le plan du cadran, donc la méridienne a un de ses points sur l'extrémité de l'ombre au moment de midi; de plus elle est perpendiculaire à l'horizontale; donc si à midi on tire par l'extrémité de l'ombre du style une perpendiculaire à l'horizontale, on aura la position de la méridienne sur le plan du cadran.

4°. Dans un cadran vertical déclinant l'axe fait avec le plan proposé un moindre angle qu'avec le plan du cadran régulier méridional; enforte que la déclinaison étant la plus grande, com-

me lorsque le plan est parallèle au méridien ou perpendiculaire au premier vertical, l'axe est parallèle au plan, ou ce qui est la même chose, l'angle du plan & de l'axe est infiniment petit; cependant quel que soit cet angle dans toutes les déclinaisons que le plan déclinant peut avoir, il est certain que l'axe demeure toujours également élevé sur l'horizon.

24. 7°. Dans un cadran déclinant incliné, l'horizontale, l'équinoxiale & la ligne de 6 heures concourent aussi en un même point, & l'axe fait avec l'horizon toujours le même angle, quelle que soit l'inclinaison & la déclinaison du plan; mais la méridienne cesse d'être perpendiculaire à l'horizontale, à cause de l'inclinaison du plan du cadran; nonobstant cela l'extrémité de l'ombre du style à midi, fera toujours un des points par où elle passe, & l'on aura sa position en cette manière. Il faut attacher au sommet du style un fil à plomb, lequel étant tendu par le petit poids qu'il tiendra suspendu, se mettra dans la ligne verticale, & fera par conséquent la commune section de tous les cercles verticaux, puisqu'elle passera par le centre commun, sçavoir le sommet du style & par le zenit ou le nadir qui sont les poles de l'horizon, où tous les verticaux passent; or le méridien est du nombre des verticaux, donc il passera par le fil à plomb; il passera aussi par le point d'ombre qu'on aura pris à midi, puisqu'à midi l'ombre du sommet du style est étendue sur le plan du méridien, & qu'elle ne peut le rencontrer dans ce moment qu'aux points où le méridien le coupe; donc la position du méridien à l'égard du plan du cadran sera déterminée par cette opération, & on aura en même tems un point de la méridienne, sçavoir le point d'ombre qu'on aura pris. Il ne s'agit donc plus que de trouver un ou plusieurs points de cette ligne. Pour cet effet, il faut placer l'œil dans le fil à plomb & mirer jusqu'à ce que le fil cache à la vue le point d'ombre, les autres points du plan du cadran que le fil cachera alors seront dans la méridienne; car tous ces points seront sur

une même ligne droite , puisque le fil à plomb qui est en ligne droite les cache tous : or le fil à plomb & la ligne droite qu'il cache sur le plan du cadran sont dans un même plan , ce qui est évident , & ce plan ne diffère point du méridien , puisqu'il passe par le point d'ombre du sommet du style à midi , donc la ligne droite que le fil cache sur le plan du cadran est la commune section de ce plan & du méridien , donc c'est la méridienne ; donc si on marque sur cette ligne quelques points en mirant , comme il vient d'être dit , on aura la méridienne.

25. Si le plan du cadran décline du septentrion vers l'orient ou vers l'occident , il ne fera point éclairé à midi , pour lors on pourra trouver la déclinaison du plan comme il a été dit : or la déclinaison du plan étant connue , on peut toujours trouver la méridienne ou la ligne de minuit. Supposons que la déclinaison soit de 30 degrés , on sçaura que l'arc de l'horizon compris entre le vertical perpendiculaire au plan du cadran , & le méridien est de 30 degrés ; donc le méridien coupera l'horizon & l'horizontale à la distance de 30 degrés du vertical perpendiculaire au plan du cadran ; donc on aura sur l'horizontale un point de la méridienne. Pour avoir les autres points on mirera par le fil à plomb jusqu'à ce qu'il cache ce point de la méridienne sur l'horizontale , comme on feroit si c'étoit un point d'ombre , & marquant quelques-uns des points de la ligne que le fil à plomb cache sur le plan du cadran , on aura la méridienne ou la ligne de minuit en tirant une ligne droite par ces points , & par celui que la déclinaison du plan détermine sur l'horizontale.

26. On peut donc toujours trouver la méridienne sur un plan proposé , quelle qu'en soit la situation : or la méridienne étant donnée , on peut toujours trouver les autres lignes horaires , construire un cadran & diviser le tems.

Avant que d'en venir à la construction des cadrans , on va expliquer sur une figure ce qu'on a dit de l'illumi-

nation d'un plan, par la lumière du Soleil, & de la projection de l'ombre de l'axe à mesure que l'astre tournant autour de la terre par son mouvement diurne, se trouve successivement sur les cercles horaires.

*Mouvement diurne du Soleil autour de l'équateur & de ses parallèles ou autour du cadran équinoxial.*

27. Le Soleil décrivant l'écliptique par son mouvement annuel s'éloigne de l'équateur vers l'un & l'autre pôle de 23 d. 30' ou 28', c'est ce qu'on appelle sa déclinaison, de sorte que tous les jours il décrit par son mouvement diurne des nouveaux parallèles, à mesure que sa déclinaison augmente : cet écart ou déclinaison se mesure sur des cercles perpendiculaires à l'équateur, & qui passent par conséquent par les pôles du monde, & que l'on appelle pour cela cercles de déclinaison. Ainsi la déclinaison du Soleil est l'arc d'un cercle perpendiculaire à l'équateur, compris entre ce cercle & le centre de l'astre ; on peut donc supposer que le Soleil est toujours sur un cercle de déclinaison, & toujours sur le même, pourvu que dans un tems donné l'arc compris entre son centre & l'équateur soit égal à la déclinaison qu'il doit avoir ; & si on suppose encore que ce cercle tourne autour de l'équateur en 24 heures, à la fin de chaque heure il se confondra avec un cercle horaire, & le Soleil fera dans l'instant précis sur le même cercle horaire, quelle que puisse être alors sa déclinaison ou le parallèle qu'il doit décrire par son mouvement diurne ; de sorte que par rapport à la situation des cercles horaires & des lignes horaires qui en font la projection, c'est la même chose que si le Soleil décrivait tous les jours l'équateur, comme on l'a déjà remarqué plus haut. On joindra le cadran horizontal au cadran équinoxial, ce qui servira à faire entendre comment les cercles horaires divisant l'équateur donnent les lignes horaires sur les autres plans qu'ils rencontrent dans leurs diverses situations.

28. YZ (*Fig. 11.*) représente le plan de l'équateur ;



lequel est perpendiculaire au méridien, & il l'est aussi à l'horizon si la latitude du lieu est nulle; mais il est incliné si le lieu où l'on le dresse a une latitude; l'inclinaison qu'il a ou l'angle qu'il fait avec l'horizon est le complément de la hauteur du pôle; ainsi à Paris qui a 48 d. 40' de latitude ou de hauteur de pôle, l'angle de l'équateur avec l'horizon est de 41 d. 10'.  $ABLR$  est le plan horizontal sur lequel le plan équinoxial  $YZ$  est dressé; &  $AR$  est leur commune section; & supposant que les lignes  $naDa$  sont perpendiculaires à la section  $AR$ , l'inclinaison réciproque des deux plans sera mesurée par l'angle  $naD$ ; & si on fait l'angle  $CDa$  égal à la hauteur du pôle du lieu,  $DCP$  prolongée au-delà du plan équinoxial fera l'axe, & l'angle  $DCa$  fera droit, puisque les angles  $CaD$  ou  $naD$  &  $CDa$  pris ensemble valent un angle droit, étant complément l'un de l'autre. Il faut faire voir que  $DC$  sera aussi perpendiculaire au plan  $YZ$ , & sera par conséquent l'axe; car le plan  $CaD$  est perpendiculaire à l'horizon & au plan  $YZ$ , puisque leur commune section  $AR$  est perpendiculaire au plan  $CaD$ , l'étant aux lignes  $Ca, aD$  de ce plan; de plus les angles  $aCD$   $nCD$  sont droits, les angles  $DCg$   $DCt$  sont aussi droits, puisque le plan  $aCD$  étant perpendiculaire au plan  $YZ$ , ne panche pas davantage vers la droite que vers la gauche, donc  $DC$  étant dans un plan perpendiculaire au plan  $YZ$  fait des angles droits avec les lignes qui sont dans ce plan; donc  $DC$  est perpendiculaire au plan  $YZ$ , donc cette ligne est l'axe du plan équinoxial  $YZ$ ; donc tous les cercles horaires passeront par le point  $C$ , & leurs communes sections avec le plan, ou ce qui est la même chose, les lignes horaires partiront de ce point, qui sera le centre du cadran. Puisque le plan  $DaC$  est perpendiculaire à l'horizon, & qu'il passe par l'axe, il s'ensuit que le méridien est sur ce plan, & que  $nCa$  sera la méridienne sur le plan équinoxial. Si un autre plan  $tCgD$  passant par l'axe coupe le méridien à angles droits, ce sera le cercle de 6 heures, & la section  $tCg$  ou  $6C6$ .

avec le plan équinoxial fera la ligne de 6 heures , & elle fera parallèle à l'horizontale AR qui est la commune section de l'horizon & du plan équinoxial ; car ces deux lignes sont perpendiculaires à la méridienne  $nCa$  , & par conséquent parallèles entr'elles. La méridienne & la ligne de 6 heures étant tracées sur le plan du cadran équinoxial, si on divise chaque moitié  $aggn$  de la demi circonférence  $agn$  , dont le centre est en C , en six parties égales qui feront chacune de 15 degrés , & que par les points de division & par le centre C on mene des diamètres à la circonférence décrite , ce seront les autres lignes horaires ou les communes sections des autres cercles horaires avec le plan du cadran équinoxial.

*Projection de l'ombre de l'axe sur un plan horizontal.*

29. Il est évident que toutes les lignes horaires du cadran équinoxial , excepté la ligne de 6 heures , sont inclinées à l'horizon , & qu'étant prolongées , elles rencontrent la commune section AR aussi prolongée du plan du cadran avec le plan horizontal ABLR : or les cercles horaires passent par tous les points des lignes horaires qui sont leurs projections , donc ils coupent tous la ligne AK prolongée , excepté le cercle de 6 heures ; ils passent aussi tous par l'axe DCP , & de même qu'ils se rencontrent tous au centre C du cadran équinoxial , ils se coupent de même au point D où l'axe DCP traverse le plan horizontal , puisque l'axe est leur commune section ; donc si du point D on mene des lignes aux points où les lignes horaires du cadran équinoxial coupent la ligne AR , les cercles horaires passeront aussi par ces lignes qui seront les communes sections des mêmes cercles avec le plan horizontal ABLR , & par conséquent elles seront les lignes horaires d'un cadran horizontal dont le point D sera le centre ; & lorsque l'ombre de l'axe marquera une certaine heure sur le cadran équinoxial , elle la marquera aussi sur le cadran horizontal , comme on verra bien-tôt. La ligne AR qui est la commune section du plan équinoxial

YZ avec le plan horifontal fera l'équinoxiale , & la ligne EDF qui eft la commune fection du cercle de 6 heures avec le même plan horifontal , fera la ligne de 6 heures fur ce plan ; & elle fera parallele à la ligne équinoxiale AR , & à la ligne  $\iota$ Cg de 6 heures du cadran équinoxial , comme il a été prouvé. D'où l'on voit que pour avoir la pofition des lignes horaires fur un cadran horifontal , il s'agit de trouver la fîtuation du cadran équinoxial & de la ligne équinoxiale AR qui en eft la projection , laquelle étant divifée par les prolongemens des lignes horaires du cadran équinoxial , on aura fur cette ligne les points d'où doivent être tirées les lignes horaires du cadran horifontal ; elles doivent auffi concourir au centre D , donc on aura par ce moyen leur pofition fur le cadran. Les autres cadrans ne fe tracent point autrement , & toutes les méthodes qui font en très-grand nombre , fe reduifent en dernier à divifer un cadran équinoxial ou l'équinoxiale ; c'est-à-dire à trouver fur cette ligne un point de chaque ligne horaire & de la conduire enfuite au centre du cadran qui eft le point commun de concours.

32. Les chofes étant ainfi difposées , fupposons que le Soleil tourne autour du plan équinoxial YZ , & de fes paralleles , avec le cercle de déclinaifon qui le porte ; lorsque ce cercle fera parvenu à une des divifions du cadran équinoxial , l'ombre de l'axe DCP , autour duquel il tourne s'étendra vers le côté oppofé , par exemple , fupposons que le cercle de déclinaifon paffe par la ligne  $na$  de 12 heures ou de midi , & qu'il fe confond avec le méridien , le Soleil étant dans la partie fupérieure , l'ombre de l'axe s'étendra vers la partie inférieure fur le plan CaD , & parce qu'elle rencontre tout à la fois le cadran équinoxial dans la ligne Ca , & le cadran horifontal dans la ligne Da , elle marquera fur l'un & fur l'autre une ligne d'ombre laquelle fera couchée fur Ca dans le cadran équinoxial & fur Da dans le cadran horifontal , donc le Soleil étant dans la partie fupérieure du méridien l'ombre marquera midi fur les deux cadrans, Si le cercle de déclinaifon

naïson qui porte le Soleil continuant de tourner, vient à passer par la ligne  $oCb$ , il se confondra avec le cercle horaire de 1 heure, & l'ombre de l'axe s'étendant vers le côté opposé, c'est-à-dire sur la partie inférieure du même cercle, le Soleil étant dans la partie supérieure, elle formera les deux lignes d'ombre  $Cb$ ,  $Db$ , puisque ce cercle passant par l'axe coupe dans sa partie inférieure l'un & l'autre cadran dans les lignes  $Cb$ ,  $Db$ : ainsi ils marqueront tous deux 1 heure au même instant. On fera voir de la même manière, qu'aux autres heures du jour, le cercle de déclinaison passant par les lignes horaires correspondantes, l'ombre de l'axe s'étendra dans les deux cadrans sur ces lignes, & qu'elle fera connoître l'heure qu'il est au Soleil. Lorsque le Soleil fera sur le cercle de 6 heures, l'ombre sera comprise entre les lignes  $tCg$   $EDF$  qui sont parallèles. Car ce cercle coupe les deux plans dans ces lignes; l'ombre sera donc terminée suivant sa largeur, mais elle sera indéfinie suivant sa longueur, puisque les communes sections du cercle de 6 heures avec le cadran équinoxial & avec le cadran horizontal, suivant lesquelles elle s'étend ne concourent point.

31. Comme dans la sphere l'équateur est au milieu des parallèles & qu'il y en a autant dans la partie septentrionale, ou même 7 ou 8 de plus que dans la partie méridionale; il s'ensuit que la face méridionale du cadran équinoxial, c'est-à-dire celle qui fait un angle aigu avec l'horison sera éclairée durant 6 mois depuis l'équinoxe d'Automne jusqu'à l'équinoxe du Printems; car le Soleil tournant toujours avec le cercle de déclinaison qui le porte autour de la partie  $CD$  de l'axe, & s'éloignant continuellement du plan équinoxial  $YZ$ , décrira durant trois mois les parallèles qui ont leurs centres sur la partie  $CD$ , & il est visible qu'aux mêmes heures l'ombre tombera sur les mêmes lignes, parce que dans ces instans le cercle de déclinaison qui porte le Soleil passera par les mêmes divisions; ainsi quelle que soit la déclinaison du Soleil lorsque le cercle de déclinaison mobile autour de l'axe  $DCP$ ,



passera par la ligne  $na$  de 12 heures, & que le Soleil fera dans la partie supérieure l'ombre de l'axe tombera sur  $Ca$  & sur  $Da$ , puisque le méridien avec lequel le cercle de déclinaison mobile se confond à l'instant de midi coupe les deux cadrans dans les lignes  $Ca Da$ . Trois mois après l'équinoxe d'Automne le Soleil fera au point de la plus grande déclinaison ou au point solsticial ; il se rapprochera donc de l'équateur, & dans son retour il décrira une seconde fois les mêmes parallèles durant trois mois, & l'ombre de l'axe tombera encore aux mêmes heures sur les lignes horaires correspondantes. La face méridionale sera donc éclairée durant 6 mois, pendant lequel tems la face septentrionale qui fait un angle obtus avec l'horison sera dans l'ombre. Mais le Soleil décrira l'équateur même le jour de l'équinoxe du Printems, & faisant toujours ses révolutions diurnes avec le cercle de déclinaison mobile, passera ensuite dans la partie septentrionale, & décrira durant 6 mois, soit en s'éloignant, soit en se rapprochant de l'équateur, les parallèles qui ont leurs centres sur la partie  $CP$  de l'axe ; ainsi la face septentrionale sera éclairée durant 6 mois, depuis l'équinoxe du Printems jusqu'à l'équinoxe d'Automne ; & la face septentrionale étant divisée de la même manière que la face méridionale, l'ombre de l'axe couvrira aux mêmes heures les lignes horaires correspondantes ; & si le cadran équinoxial étoit transparent, elle tomberoit aussi sur les lignes horaires du cadran horizontal, puisque la situation des cercles horaires est invariable. Le cadran horizontal est donc éclairé durant toute l'année depuis le lever jusqu'au coucher du Soleil.

*Projection de l'ombre de l'axe sur un cadran vertical ; meridional & septentrional ou parallele au premier vertical.*

32. Présentement supposons que le plan  $YZ$  est transparent, & qu'un autre plan perpendiculaire à l'horison ou au plan horizontal  $ABLR$ , & au méridien  $DaCn$ ,

passant par le centre C du cadran équinoxial en coupe le plan dans la ligne  $tCg$  de 6 heures. Le cercle de déclinaison mobile qui porte le Soleil tournant comme il a été dit autour du cadran équinoxial, l'ombre de l'axe donnera sur ce plan vertical la position des lignes horaires de même que sur le plan horizontal ABLR : ainsi lorsque le Soleil sera sur le cercle horaire de 12 heures ou sur le méridien  $DaCn$ , l'ombre de l'axe tombera sur la méridienne du plan vertical, comme elle tombe alors sur la méridienne  $Ca$  du cadran équinoxial, & sur la méridienne  $Da$  du cadran horizontal. Lorsque le Soleil sera sur le cercle de 6 heures, l'ombre de l'axe s'étendra sur la ligne de 6 heures du cadran vertical comme elle s'étend alors sur la ligne de 6 heures du cadran équinoxial & du cadran horizontal : si c'est le matin, le Soleil sera à l'orient ou à la droite du spectateur, & l'ombre s'étendra vers l'Occident sur  $Ct$  &  $DE$  : mais le soir, lorsque le Soleil tendra vers le couchant, l'ombre sera dirigée suivant  $Cg$  &  $DF$  vers l'Orient. Il en sera de même à l'égard des autres lignes horaires, l'ombre de l'axe en marquera la position dans le moment qu'elle sera sur les lignes horaires correspondantes du cadran équinoxial & du cadran horizontal ; tant sur la face septentrionale que sur la face méridionale.

33. Le cadran vertical dont il s'agit ici, fait avec le cadran équinoxial un angle égal à la hauteur du pôle, car il est perpendiculaire à l'horizon, donc l'angle  $DaC$  est le complément de l'angle qu'il fait avec le plan du cadran équinoxial : or l'angle  $DaC$  est aussi le complément de l'angle  $CDa$  ; c'est-à-dire de la hauteur du pôle ; donc le cadran vertical dont il s'agit fait avec le cadran équinoxial un angle qui est égal à l'angle  $CDa$  ou à la hauteur du pôle. Il est évident qu'il coupe les parallèles à l'équateur, ou les parallèles que le Soleil décrit par son mouvement diurne à mesure qu'il est emporté par le cercle de déclinaison mobile : ainsi la face méridionale de ce cadran est éclairée durant toute l'année : mais la face septentrionale

septentrionale ne l'est que durant 6 mois depuis l'équinoxe du Printems jusqu'à l'équinoxe d'Automne. 1°. La face méridionale est éclairée durant toute l'année, parce que l'arc diurne du Soleil est tourné vers le midi, & par conséquent il se trouve dessus la face méridionale de ce cadran. 2°. L'horison coupe tous les paralleles en deux parties inégales excepté l'équateur YZ au centre C duquel il passe; de sorte que les arcs diurnes des paralleles que le Soleil décrit depuis l'équinoxe d'Automne jusqu'à l'équinoxe du Printems sont moindres que les arcs nocturnes. Cela posé, le cadran vertical dont il s'agit passe par les points du vrai Orient & du vrai Occident, puisqu'il coupe le cadran équinoxial dans la ligne tCg de 6 heures qui y passe de même que l'équateur YZ, donc la face septentrionale ne sçauroit être éclairée à moins que le Soleil ne se leve & ne se couche en des points de l'horison qui soient plus proches du Septentrion que ne le sont les points du vrai Orient & du vrai Occident: or depuis l'équinoxe d'Automne jusqu'à l'équinoxe du Printems le Soleil se leve & se couche en des points qui sont plus éloignés du Septentrion que les points du vrai Orient & du vrai Occident; donc durant 6 mois de l'année la face septentrionale du plan vertical perpendiculaire au méridien ne reçoit aucune lumière directe du Soleil. 3°. Après l'équinoxe du Printems le Soleil se leve & se couche en des points de l'horison qui approchent d'avantage du Septentrion que les points du vrai Orient & du vrai Occident, ce qui a lieu depuis l'équinoxe du Printems jusqu'à l'équinoxe d'Automne; donc durant ce tems, la face septentrionale est éclairée le matin lorsque le Soleil se leve, & le soir lorsqu'il se couche. La face méridionale peut être éclairée depuis 6 heures du matin jusqu'à 6 heures du soir, sçavoir le jour de l'équinoxe ou lorsque le Soleil décrit l'équateur; dans les autres tems de l'année le tems de son illumination est plus court: ce tems est moindre lorsque le Soleil décrit les paralleles qui sont dans l'hémisphère méridional, parce que les arcs diurnes sont moindres que

la demie circonférence ou que 180 d. : le tems pendant lequel elle est éclairée est aussi moindre que de 12 heures lorsque le Soleil décrit les paralleles qui sont dans la partie septentrionale , parce que le plan vertical coupe ces paralleles en deux parties inégales , de sorte que la partie de l'arc diurne , qui est élevée sur la face méridionale , est moindre qu'une demie circonférence ; ainsi cette face ne sçauroit être éclairée alors durant 12 heures. A la latitude de Paris , qui est de 48 d. 50' le cadran vertical septentrional peut marquer environ 7 ou 8 heures , sçavoir , aux plus longs jours depuis 4 heures que le Soleil se leve jusques vers les 8 heures , & depuis environ 4 heures du soir jusqu'à 8 heures que le Soleil se couche.

*Projection de l'ombre de l'axe sur un cadran oriental & occidental perpendiculaire à l'horison & parallele au méridien. (Fig. 11.)*

34. Si l'on imagine encore un plan parallele au méridien  $DaCn$  à quelque distance des centres  $CD$  de façon que l'axe se trouve entre la face orientale du plan & le Soleil levant , le cercle de déclinaison mobile qui porte le Soleil , tournant autour du cadran équinoxial rencontrera le plan proposé , & y déterminera comme dans les autres cadrans la position des lignes horaires ; & l'ombre de l'axe s'étendant sur la longueur de ces lignes marquera l'heure du jour : ce fera la même chose si on imagine que le plan supposé présente sa face occidentale au Soleil , l'axe étant encore entre deux , afin que son ombre tombe sur la face éclairée de la lumiere directe. Il est évident que l'axe  $CD$  qui est dans le méridien  $DaCn$  fera parallele au plan supposé , & que le cadran n'aura point de centre ; par conséquent les lignes horaires seront paralleles ; & parce que ce plan est parallele au méridien , le cercle de 6 heures  $EDFgCz$  ou plutôt la ligne de 6 heures qui en est la projection fera avec l'horizontale du même plan un angle égal à l'angle  $CDa$  que ce cercle fait avec la méridienne  $Da$  du cadran horizontal , ou égal à la hauteur du pole , & la ligne équi-



noxiale représentée par la méridienne  $nCa$  du cadran équinoxial fera avec la même horizontale un angle égal à l'angle  $CaD$  que la ligne  $nCa$  fait avec la méridienne  $Da$  du cadran horizontal. Le premier de ces angles est égal à la hauteur du pôle comme il vient d'être dit, & l'autre au complément de cette hauteur; & parce que l'angle  $aCD$  que le cercle de 6 heures fait avec la méridienne  $nCa$  à laquelle l'équinoxiale du plan proposé est parallèle, est droit ou de 90 deg., il s'ensuit aussi que l'équinoxiale fera avec la ligne de 6 heures un angle droit, comme il a été dit. La face orientale de ce cadran est éclairée depuis le lever du Soleil jusqu'à midi, & la face occidentale depuis midi jusqu'au coucher du Soleil.

35. Si on conçoit que le plan supposé devient incliné au méridien & à l'axe, il fera déclinant; si une des faces décline du Sud vers l'Orient, l'autre déclinera du Nord vers le Couchant, & fera avec l'axe un moindre angle que ne fait le même axe avec le cadran vertical perpendiculaire au méridien: la portion  $CD$  rencontrant la face qui regarde le midi s'allongera de façon que l'ouverture de l'angle sera plus proche de l'horizon que le sommet; mais la partie  $CP$  qui sera implantée sur la face septentrionale montera vers le ciel, & le sommet de l'angle sera plus près de l'horizon que la base. Si la face méridionale décline vers l'Occident, la face septentrionale déclinera vers l'Orient. Dans toutes ces différentes situations, le plan équinoxial  $YZ$  rencontrera le plan supposé, de même que le cercle de déclinaison mobile qui porte le Soleil; & les cercles horaires avec lesquels il se confondra dans le moment des heures marquées par le cadran équinoxial, donneront sur le plan déclinant les lignes horaires, & l'ombre de l'axe qui sera alors étendue sur ces lignes marquera l'heure du jour.

36. Il est clair après tout ce qu'on vient de dire que la construction des cadrans quelle que puisse être la méthode de les tracer laquelle varie beaucoup dans les différents Auteurs, se réduit à appliquer le cadran équinoxial & de

l'approprier aux cadrans particuliers, selon que la situation du plan l'exige ; c'est à quoi serviront les exemples qu'on va proposer. Il ne fera point nécessaire de donner à chacun sa preuve particulière, les principes qu'on vient d'établir doivent suffire pour les entendre. On ne dit rien de plus du cadran équinoxial, puisque pour le tracer il faut seulement diviser un cercle en 24 parties égales, & attacher fixement un axe à son centre, c'est-à-dire une verge de fer qui le traverse perpendiculairement à son plan.

*Décrire un Cadran horizontal.*

37. On tirera au milieu de la surface proposée la ligne ADC (Fig. 12.) qu'on prendra pour la méridienne, & la partie CXII étant prise à volonté, on menera par les points C & XII OS & EF perpendiculaires à la méridienne ADC ; & du point C comme centre & avec le rayon C 12 pris à volonté on tracera la demie circonférence E12F ; & après avoir divisé chaque quart E12, F12 en 6 parties égales, on menera du centre C & par les points de division des lignes qui rencontrent la ligne OS ; du point XII on tirera la ligne XIIa, qui fasse avec la méridienne l'angle aXIID égal au complément de la hauteur du pôle, par exemple, à Paris la hauteur du pôle étant de 48 d. 50', l'angle aXIID fera de 41 d. 10', & faisant la ligne XIIa égale au rayon CXII, on lui menera par l'extrémité la perpendiculaire PaD qui rencontrera la méridienne au point D. Cela fait le point D sera le centre du cadran, PaD l'axe, le point a de l'axe, le sommet du style ou le centre de tous les grands cercles de la sphere ; aI perpendiculaire à la méridienne, la hauteur du style, & le point I le pied. E12F fera la demie circonférence de l'équateur ou du cadran équinoxial, laquelle étant divisée en 12 parties égales donnera la position des 12 cercles horaires. Et le triangle D. XII étant élevé perpendiculairement au plan du cadran sur la méridienne, & le rayon CXII étant appliqué sur le côté aXII, on verra que le cadran équinoxial fera avec l'horison ou avec

le plan du cadran un angle égal au complement de la hauteur du pole ; donc il aura à l'égard du plan du cadran la situation qu'il faut , & l'angle  $aDXII$  fera la mesure de la hauteur du pole , puisqu'il est le complement de l'inclinaison de l'équateur sur l'horison ; donc  $PaD$  fera l'axe , & sera perpendiculaire au plan de l'équateur. Il est aussi évident que  $OS$  fera la commune section du plan de l'équateur & du plan horizontal , c'est-à-dire que ce sera l'équinoxiale ; donc les cercles horaires la rencontreront aux mêmes points que les lignes tirées du centre  $C$  , donc si des mêmes points de rencontre on mène autant d'autres lignes au centre  $D$  du cadran horizontal , ce seront les lignes horaires. Si par le centre  $D$  on mène une ligne perpendiculaire à la méridienne , ce sera la ligne de 6 heures. A la latitude de  $48^{\circ} 50'$  le Soleil durant sa course diurne se trouve deux fois sur les cercles horaires de 4 & de 5 heures , de 7 & de 8 heures ; c'est pourquoi les lignes horaires repondantes à ces cercles doivent être prolongées de part & d'autre du centre  $D$ .

38. On a supposé que la plaque ou la table sur laquelle on vient de tracer le cadran horizontal est mobile. Il reste à l'orienter. C'est ce que l'on fait en traçant une méridienne dans le plan où on veut le placer. Il faut d'un point  $C$  (*Fig. 13.*) comme centre décrire plusieurs circonférences concentriques , après quoi il faut élever au centre  $C$  un style perpendiculairement à l'horison , l'ombre qu'il fera le matin au lever du Soleil sera fort longue , & sortira hors des cercles qu'on aura décrits ; mais elle s'accourcira à mesure que le Soleil s'élèvera d'avantage : or il faut observer le moment auquel l'extrémité de l'ombre touchera à une circonférence , elle continuera de diminuer jusqu'à midi où elle sera la plus courte ; après midi elle augmentera ; il faut encore observer le moment auquel l'extrémité touchera à la même circonférence : l'arc  $AB$  compris entre les deux points d'ombre  $AB$  étant divisé en deux parties égales au point  $D$  , la ligne  $DC$  fera la méridienne ; car les momens auxquels les ombres

d'un même corps sont égales sont également distans ou éloignés de l'instant de midi ou de l'instant auquel le Soleil est au méridien ; donc divisant l'intervalle AB qui est entre les deux points d'ombre en deux parties égales on a la situation du méridien à l'égard des mêmes points.

Lorsque la surface sur laquelle on a tracé un cadran équinoxial est mobile , il faut aussi l'orienter en traçant une méridienne & en lui donnant l'inclinaison qu'il doit avoir.

*Décrire un cadran regulier méridional ou parallele au premier vertical & perpendiculaire au meridien*

39. Il faut mener la ligne BA ( Fig. 14. ) de niveau ou parallele à l'horison , & par le milieu de la surface proposée mener la ligne ADC perpendiculaire à BA ; ce sera une ligne à plomb perpendiculaire à l'horison. On la prendra pour la méridienne ; prenant la partie CXII à volonté , on décrira du point C comme centre , la demie circonférence ECF terminée par le diamètre ECF , perpendiculaire à la méridienne ; & après avoir divisé chaque quart EG,FG en 6 parties égales ; du centre C , & par les points de division on menera des lignes droites qui rencontreront OXII S parallele à EF. Au point XII on menera la ligne aXII qui faite avec la méridienne l'angle aXIID égal à la hauteur du pole , & prenant aXII égale à CXII , on fera passer par l'extrémité a la ligne PaD perpendiculaire à la même ligne aXII ; & le point D où PaD rencontrera la méridienne fera le centre du cadran. On élèvera au point D une perpendiculaire à la méridienne qu'on prolongera de part & d'autre de ce point , ce sera la ligne de 6 heures. Par les points de division de la ligne OS , on menera au point D autant d'autres lignes qui seront les lignes horaires du cadran méridional qu'il falloit tracer. PaD sera l'axe & fera avec la méridienne ou avec le plan du cadran l'angle PDXII égal au complement de la hauteur du pole , en supposant que le triangle DaXII est élevé perpendiculairement au plan du cadran sur la méridien-



ne. Le point  $a$  est le sommet du style ou le centre de l'Univers & des grands cercles de la sphere;  $aI$  en est la hauteur, & le point  $I$  le pied. Le demi cercle  $E12F$  est le cadran équinoxial dont le rayon  $C12$  ou  $CXII$ . étant appliqué au côté  $aXII$  du triangle  $aDXII$  élevé perpendiculairement au plan du cadran fait avec ce plan l'angle  $aXIID$  égal à la hauteur du pôle. La ligne  $OXIIS$  est la commune section du plan équinoxial avec le plan du cadran, ou l'équinoxiale; donc les cercles horaires qui passent par le centre  $C$ , & qui ont l'axe  $PD$  pour commune section couperont le plan de l'équateur, & le plan méridional dans les lignes menées des points  $CD$  aux points de division de l'équinoxiale; les lignes horaires du cadran équinoxial font donc trouver celles du cadran méridional. Le Soleil se leve à la droite du spectateur & il se couche à la gauche, l'ombre tend le matin vers la gauche & le soir elle s'allonge vers la droite.

40. On observera qu'en marquant les divisions sur le demi cercle  $EGF$  on n'a point eu égard au mouvement diurne du Soleil. Si on vouloit l'imaginer tel qu'il est comme dans la Fig. 11., il faudroit diviser le cercle entier  $EGFK$  en 24 parties égales comme on le voit en  $Z$ , & concevant que le Soleil tourne dans l'ordre des lettres  $GFKE$ , le point  $G$  fera celui de minuit, & le point  $K$  celui de midi, car la partie  $EKF$  deviendra la partie supérieure, la partie  $EGF$  l'inférieure lorsque le point  $C$  s'ajustera au point  $a$  de l'axe: & le Soleil parcourant les divisions du quart de cercle  $FK$ , les divisions semblables du quart de cercle opposé  $EG$  donneront sur l'équinoxiale  $OS$  les lignes horaires du matin; & lorsque le Soleil fera dans le quart de cercle  $KE$ , les divisions semblables du quart de cercle opposé  $GF$  donneront les lignes horaires du soir. Mais dans le cadran régulier septentrional dont on va parler, le point  $C$  s'ajustant au point  $a$  de l'axe, le point  $G$  deviendra celui de midi, & le point  $K$  celui de minuit; de sorte que le Soleil parcourant le quart de cercle  $KE$ , les divisions semblables du quart de cercle

opposé GF. donneront les lignes horaires du matin ; & le Soleil parcourant le quart de cercle FK, les divisions semblables du quart de cercle EG donneront les lignes horaires du soir : ainsi les lignes horaires du matin sont à la droite d'un espectateur & celles du soir à la gauche. C'est le contraire dans le cadran méridional.

41. Le cadran regulier septentrional ( Fig. 15. se décrit précisément de la même manière, mais on a soin de ne laisser sur le plan que les lignes horaires correspondantes aux heures qu'il est éclairé de la lumière directe du Soleil, sçavoir à Paris depuis 4 heures du matin jusqu'à 8 heures, & depuis 4 heures du soir jusqu'à 8 heures. On observera que le rayon C12 ou CK du cadran équinoxial étant appliqué au côté a12 du triangle a12D élevé perpendiculairement au plan du cadran septentrional, le point supérieur G12 devient le point de midi, & que le point inférieur K12 est le point de minuit ; ainsi le Soleil se trouve au point G à midi, & au point K à minuit, comme il vient d'être dit. Le triangle a12D qui porte l'axe PaD est une plaque de métal aux petits cadrans ; mais aux grands on se contente de placer dans le plan du même triangle élevé perpendiculairement au plan & sur la méridienne une verge de fer PaD qui fasse avec cette ligne l'angle PD 12 égal au complement de la hauteur du pole.

*Décrire un cadran regulier oriental ou parallele au méridien. (Fig. 16.)*

42. On tirera la ligne horisontale ou de niveau AO, & la ligne MAC qui fasse avec elle l'angle MAL égal à la hauteur du pole ; & ce sera la ligne de 6 heures, & le point A le pied du style. Par le même point A on tirera EQ qui fasse avec la soustylaire MA un angle droit ou de 90 degrés, & ce sera l'équinoxiale ; prenant à volonté la partie AC sur la soustylaire, du point C comme centre, & avec le rayon AC on décrira la demie circonférence RAS terminée par le diamètre RCS perpendiculaire à la soustylaire ou parallele à l'équinoxiale, on di-

visera la moitié AS de cette demie circonférence en 6 parties égales, & on portera sur l'autre AR une des six divisions autant de fois qu'il y a d'heures depuis le lever du Soleil jusqu'à 6 heures : à la latitude de 48 d. 50' à 6 heures, il y a 2 heures que le Soleil est levé aux plus longs jours d'été; ainsi on prendra l'arc AP égal à 2 divisions ou à 30 d. Du centre C, & par les points de division on menera des lignes qui rencontreront l'équinoxiale, & des points de rencontre on menera d'autres lignes parallèles à la soustylaie MC, qui est aussi la ligne de 6 heures; & ce feront les lignes horaires du cadran oriental, le demi cercle CRAS sera le cadran équinoxial, & la commune section EQ de son plan avec le plan oriental fera l'équinoxiale; donc les cercles horaires passant par le centre C & par les points de division de cette ligne couperont le plan du cadran dans des lignes parallèles à la ligne de 6 heures, lesquelles rencontreront aussi l'équinoxiale aux mêmes points de division. Pour concevoir que les sections des cercles horaires avec le plan oriental sont parallèles entr'elles, & à la ligne de 6 heures; il faut imaginer que le plan équinoxial est élevé perpendiculairement au plan du cadran ou au méridien; le plan du cadran sera aussi perpendiculaire au plan équinoxial; les cercles horaires sont de même perpendiculaires au plan équinoxial donc leurs communes sections avec le plan oriental seront perpendiculaires au plan équinoxial, & par conséquent parallèles entr'elles & à la ligne de 6 heures qui est aussi la soustylaie donc ces parallèles feront les lignes horaires. Le rayon CA de l'équateur est la hauteur du style, & le centre C le sommet. Si on attache à ce sommet un axe il faudra qu'il soit perpendiculaire à la hauteur CA ou parallèle à la ligne de 6 heures MC.

43. Le cadran occidental se trace de la même manière. Ils marquent autant de tems l'un que l'autre avec cette seule différence que le cadran oriental marque d'abord les heures les plus éloignées de midi, & le cadran occidental les heures qui en sont les plus proches.

*Décrire un cadran vertical déclinant du Midi  
vers l'Orient.*

44. Le point P (Fig. 17.) est le pied du style dont la hauteur est supposée égale à AP, c'est-à-dire que le sommet ou la pointe de la verge qui doit faire ombre sur le plan proposé est supposée distante ou élevée de la quantité AP, & répond perpendiculairement au point P. On tirera par le pied P l'horizontale HS. On observera sur un bon cadran horizontal le moment de midi, & on marquera aussi-tôt sur le plan proposé le point d'ombre R du sommet du style; du point R on menera la ligne RM perpendiculaire à l'horizontale HS, & ce fera la méridienne, du pied du style P on élèvera encore PL perpendiculaire à l'horizontale HS, & égale à la hauteur PA du style, & on menera LM; on prendra MN sur l'horizontale HS égale à LM, & on fera au point N l'angle MNO égal à la hauteur du pôle, NO fera l'axe & rencontrera la méridienne prolongée au point O, qui fera le centre du cadran; du point O & par le pied du style, on tirera OPC qui fera la soustylaire, sur laquelle on élèvera au point P la perpendiculaire PA égale à la hauteur du style; & du centre O par le point A on menera OA, à laquelle & du point A on élèvera la perpendiculaire AD qui rencontrera la soustylaire au point D. on prendra sur cette ligne DC égale à DA, & du point C comme centre & avec le rayon DC on décrira une demie circonférence terminée par les lignes FCI EDQ perpendiculaires l'une & l'autre à la soustylaire. La ligne GEQ est l'équinoxiale, elle rencontre l'horizontale HS au point E ou la ligne de 6 heures doit passer, elle rencontre aussi la méridienne au point B, donc l'arc de cercle du cadran équinoxial compris entre les lignes CK CV, menées aux points E B où l'équinoxiale rencontre la ligne de 6 heures, & la méridienne est un quart de cercle ou contient 90 deg. C'est pourquoi cet arc étant divisé en 6 parties égales, on aura sur l'équinoxiale 7 points horaires depuis



6 heures du matin jusqu'à midi. On prendra une de ces 6 divisions & on la portera sur les arcs  $VI\ KF$ , & par les points de division & le centre  $C$  on mènera des lignes qui donneront sur l'équinoxiale les autres points horaires. Si du centre  $O$  on tire des lignes aux points de division de l'équinoxiale on aura les lignes horaires du cadran vertical déclinant.

45. Pour entendre cette construction il faut imaginer que le triangle  $PLM$  est élevé perpendiculairement au plan du cadran sur sa base  $PM$  ou qu'il est horizontal, & que les triangles rectangles  $AOD$ ,  $MON$  tournant autour de leurs bases  $OD$   $OM$ , la perpendiculaire  $AP$ , & le côté  $MN$  s'appliquent, sçavoir  $AP$  à  $PL$  &  $MN$  à  $ML$ ; il est visible que les trois points  $ALN$  n'en feront qu'un, que  $AP$  ou  $LP$  sera la hauteur du style, & le point  $L$  ou  $A$  le sommet &  $AO$  ou  $NO$  l'axe : car cette ligne passe par le sommet  $L$  ou  $A$  du style, d'ailleurs elle fait avec le plan horizontal  $PLM$  l'angle  $ONM$  égal à la hauteur du pôle; donc le point  $O$  où elle rencontre le plan du cadran en est le centre, &  $OPC$  la soustylaire, & le plan  $AOD$  le méridien du plan du cadran, auquel le plan du cadran équinoxial  $FDI$  sera perpendiculaire, si on conçoit que le rayon  $CD$  s'applique au côté  $AD$ . L'axe  $AO$  sera de même perpendiculaire au cadran équinoxial, & passera par le centre  $C$ ; donc les cercles horaires passant par les points de division donneront sur l'équinoxiale  $EQ$  les points horaires; & tirant des lignes des mêmes points au centre  $O$  du cadran on aura les lignes horaires.

46. Il peut arriver que le centre  $O$  du cadran soit trop éloigné pour qu'on y puisse appliquer une règle, lorsqu'on voudra y conduire la soustylaire  $OPC$  la ligne  $AD$  & les lignes horaires. Or la position de l'axe  $ON$  étant trouvée ou l'angle  $ONM$  qu'il fait avec l'horison sur le plan du méridien étant décrit, on pourra toujours trouver la position des lignes qui doivent tendre au point  $O$ , un des points de ces lignes étant donné : ainsi le point  $P$  de la soustylaire étant donné, on aura la position de cette ligne

par le moyen des lignes proportionnelles en cette sorte. Soit menée d'un point  $n$  de la ligne ON la ligne  $nmp$  parallele à NMP, & trouvant une quatrième proportionnelle à MN,  $mn$ , MP, ſçavoir  $mp$  les points Pp détermineront la poſition de la ſouſtylaire. Car lorſque des lignes partent d'un même point elles coupent des lignes paralleles en parties proportionnelles. Et ſi elles coupent des paralleles en parties proportionnelles, elles tendent néceſſairement à un même point ( 7. Géom. ) On trouvera de même la poſition de la ligne AO en tirant du point P la ligne  $pa$  parallele à AP, & trouvant une quatrième proportionnelle à PM,  $pm$ , AP, ſçavoir  $ap$ . La poſition des quatre lignes NO, MO, PO & AO, & les points horaires ſur l'équinoxiale étant trouvés, on aura la poſition des lignes horaires en tirant une ou pluſieurs paralleles à la ligne équinoxiale GEQ, & trouvant pour chaque ligne horaire une quatrième proportionnelle.

47. On remarquera que l'angle PLM meſure la déclinaïſon du plan du cadran. Car le triangle PLM étant dans la ſituation horiſontale qui lui convient, PL & LM feront les ſections du vertical perpendiculaire au plan du cadran & du méridien avec l'horifon : or ce vertical & le méridien ſont perpendiculaires à l'horifon ; donc l'angle PLM formé par les ſections PL LM meſure l'angle du même vertical avec le méridien ou la déclinaïſon du plan : c'eſt pourquoi ſi la déclinaïſon du plan eſt connue, formant le triangle PLM de la maniere qu'il a été dit, en faiſant l'angle PLM égal à la déclinaïſon donnée, & le côté PL égal à la hauteur du ſtyle, on aura la poſition de la méridienne MO.

*Décrire un cadran déclinant du Midi vers l'Orient & incliné, on ſuppoſe que le plan eſt tourné vers le haut ou qu'il regarde le Ciel.*

48. Le pied du ſtyle ou le point auquel l'extrémité de la verge qui fait ombre répond perpendiculairement étant ſuppoſé en P, ( Fig. 18. ) il faut tirer par ce point

une ligne  $PA$  parallèle à l'horison dont la longueur soit égale à la hauteur du style, & lui tirer par le point  $P$  la perpendiculaire  $HPZ$ . Cela fait, si on conçoit que  $AP$  tournant autour du point  $P$  en demeurant toujours perpendiculaire à  $HPZ$ , l'extrémité  $A$  s'élève en l'air & va joindre l'extrémité de la verge qui fait ombre, elle sera perpendiculaire au plan du cadran & à la ligne  $HPZ$ . Si au sommet  $A$ , qui est l'extrémité de la verge qui fait ombre, on attache un fil à plomb  $AS$ , il représentera dans sa situation naturelle une ligne verticale qui passe par le sommet du style, & qui est par conséquent l'axe de l'horison ou la commune section des cercles verticaux; donc le plan  $HASZ$  qui passe par l'axe de l'horison sera un vertical, & ce sera le vertical perpendiculaire au plan du cadran &  $HPZ$  la commune section de ces deux plans. Si du sommet  $A$  on tire une perpendiculaire à  $AS$  qui rencontre en  $H$  la ligne  $HPZ$ ,  $AH$  sera une ligne horizontale, puisqu'elle est perpendiculaire à l'axe de l'horison, donc si du point  $H$  on tire une ligne  $EH$  perpendiculaire à  $HPZ$  ce sera l'horizontale ou la projection de l'horison, car le plan du cadran étant incliné, l'horizontale ne passe point par le pied du style, & l'angle  $AHP$  ou son égal  $PAZ$  fera l'inclinaison du plan à l'égard de l'horison. Après cela il faut observer sur un bon cadran horizontal ou sur une méridienne le moment de midi, & au même instant marquer le point d'ombre  $R$  du sommet du style; & mirant par le fil à plomb  $AS$  jusqu'à ce qu'il cache le point  $R$ , remarquer quelque'un des autres points qu'il cache alors sur le plan, par exemple le point  $I$  de l'horizontale  $HI$ , & tirant la ligne  $RI$  ce sera la méridienne: car cette ligne est la commune section du plan du cadran, & d'un plan qui passe par le sommet du style ou par l'axe  $AS$  de l'horison & sur lequel l'ombre du sommet du style s'étend au moment de midi. Du pied  $P$  du style on menera  $PN$  qui rencontre perpendiculairement la méridienne au point  $M$ , &  $PL$  parallèle à la même ligne & égale à la hauteur  $AP$  du style, & on joindra les points  $LM$ ; on prendra  $MN$

égale à LM, & après avoir mené NI qui rencontre l'horizontale au point I ou la méridienne la coupe, on fera l'angle INO égal à la hauteur du pole ou égal à celui que l'axe fait avec l'horison, & le point O ou NO rencontrera la méridienne fera le centre du cadran; d'où & par le pied P on menera OPC qui fera la soustylaire, sur laquelle & du point P on élèvera perpendiculairement la ligne PF égale à la hauteur AP du style, & on menera OF, à laquelle & du point F on élèvera la perpendiculaire FD qui rencontrera la soustylaire au point D. On prendra DC égal à DF, & du point C comme centre on décrira une demie circonférence terminée par les perpendiculaires EQXY à la soustylaire; EDQ fera l'équinoxiale laquelle rencontrant la méridienne au point B & l'horizontale au point E, on aura les points horaires de midi & de 6 heures; & l'arc KDV compris entre les lignes CE CB fera un quart de la circonférence de l'équinoxial, lequel étant divisé en 6 parties égales donnera 5 points horaires entre les points KV, & portant une des 6 divisions égales de part & d'autre des lignes EC, CB on aura les autres points. Du centre C, & par les divisions trouvées sur le cadran équinoxial menant des lignes qui rencontrent l'équinoxiale, & de ces points de rencontre en menant d'autres au centre O du cadran on aura les lignes horaires.

49. Dans tout ce qui vient d'être dit une seule chose peut arrêter, c'est de sçavoir pourquoi ON ou bien OF est l'axe. Car si ON ou OF est l'axe, il rencontrera la méridienne au point O qui fera le centre du cadran, OCP fera la soustylaire, XDY le cadran équinoxial, EQ l'équinoxiale, ECB un angle droit ou l'angle entre le méridien & le cercle de 6 heures. On concevra que ON ou OF est l'axe, si on imagine d'abord que le triangle LPM est élevé perpendiculairement au plan du cadran sur sa base PM, & que les triangles OMN, OFD, HPA tournant comme un volet sur leurs bases MO, DO, PH, le côté MN s'applique au côté LM, le côté AP au côté



PL, la ligne FP perpendiculaire à la ligne OP', s'appliquera aussi au côté PL; ainsi les points AFNL conviendront au sommet du style; donc les lignes AH, NI tirées de ce sommet à l'horizontale EHI seront sur l'horison, & le triangle OMN sera dans le plan du méridien, & parce que l'angle ONI qui est sur ce plan est formé par la ligne NI qui est sur l'horison, & par la ligne NO est égal à la hauteur du pôle, il s'ensuit que NO ou FO est l'axe: donc FD perpendiculaire à l'axe est le rayon de l'équateur ou du cadran équinoxial XDY, en suppposant que le rayon CD va s'appliquer au côté FD. Tout le reste s'ensuit.

*Cadran équinoxial portatif appelé l'anneau  
astronomique (Fig. 19. 21.)*

50. Cet instrument est composé de deux cercles & d'une lame. Les deux cercles sont l'équateur CG & le méridien OR, lesquels sont d'équerre ou se coupent à angles droits lorsque l'instrument est dressé pour observer l'heure; hors de-là l'équateur tourne sur deux pivots & se met dans le plan du méridien dans lequel il s'emboîte. Dans la suite on considérera ces deux cercles faisant entr'eux un angle droit ou se coupant perpendiculairement. L'équateur est divisé en 24 parties égales qui représentent les 24 heures du jour; chaque partie est subdivisée en 4 autres, ce qui donne les demi heures & les quarts; ces divisions sont sur le plan du cercle & sur la bande circulaire intérieure qui en fait l'épaisseur, avec cette différence que sur la bande circulaire il n'y a que des points sans chiffres, mais les divisions qui sont sur le plan même sont accompagnées de chiffres, le rayon de lumiere qui tombe sur les points horaires va rencontrer ceux qui sont sur la bande circulaire intérieure, on regarde ensuite à quelle division du plan un de ces points répond, & le chiffre qui est sur cette division fait connoître l'heure. La lame est perpendiculaire au plan de l'équateur, elle se termine en pointes autour desquelles elle tourne dans deux trous qui sont dans l'é-

païsseur du méridien ; ainsi elle peut présenter ses deux faces successivement à tous les points de la circonférence de l'équateur : les deux pointes sont les poles de ce cercle , & la ligne qui les joint & qui divise la largeur en deux parties égales en est l'axe. L'axe est au milieu d'une longue ouverture qui en occupe les deux tiers ou les trois quarts , les bords de cette ouverture portent de part & d'autre du centre de l'équateur des divisions , celles qui sont sur une face représentent les écarts du Soleil de part & d'autre de l'équateur ou sa déclinaison ; sur l'autre face sont les noms des mois avec leurs divisions de 5 en 5 ou de 6 en 6 jours , lesquelles font connoître la déclinaison du Soleil ; de sorte que le jour du mois étant donné , on trouve sur les bords de l'ouverture la déclinaison du Soleil pour ce jour ou sa distance à l'équateur. Une petite piece de la même matière que l'instrument ( on l'appelle curseur ) percée d'un petit trou peut glisser d'un bout à l'autre entre les bords de l'ouverture de la regle & en parcourir toutes les divisions. Le petit trou suit la direction de l'axe de l'équateur ou se trouve toujours dans la ligne qui partage la lame en deux parties égales suivant la longueur ; on le met sur le degré de déclinaison indiqué par le jour du mois ; & dirigeant l'instrument de manière que le rayon du Soleil qui passe par le petit trou tombe sur la bande intérieure de l'équateur , le point qu'il rencontre sur cette bande étant rapporté aux divisions qui sont sur le plan du même équateur donne l'heure du jour ou du Soleil. Cela suppose que le cercle qui fait la fonction d'équateur est parallèle à l'équateur céleste ; or pour le tenir dans cette situation on divise un quart du méridien en 90 degrés , à commencer depuis le point S où ce cercle coupe l'équateur jusqu'au pôle A ; on place le point de suspension à une distance de l'équateur de l'instrument égale à la latitude du lieu ; si , par exemple , le lieu où l'on veut observer l'heure a 49 deg. de latitude ou d'élevation de pôle , on arrête le point de suspension à la distance de 49 deg. de l'équateur. De cette sorte l'équateur de l'instrument a l'inclinaison

fon qu'il doit avoir , puisque le point de suspension répond au zénit du lieu. Il reste à le tenir parallèlement à l'équateur céleste ; c'est ce qu'on fait par le moyen du curseur. Le trou dont il est percé est un point de l'axe de l'équateur de l'instrument ; cela posé. 1°. Le rayon de lumière qui y passe décrira deux surfaces coniques , comme on l'a fait voir précédemment. 2°. Si ce rayon tombe sur une surface parallèle à l'équateur céleste , il y décrira par son extrémité la circonférence d'un cercle , durant la révolution diurne du Soleil au méridien , & s'il y décrit la la circonférence d'un cercle , la surface sera parallèle à l'équateur : or cela se trouve ainsi. Car le plan qui reçoit le rayon de lumière à l'inclinaison qu'il doit avoir pour être parallèle à l'équateur ; d'ailleurs par la construction on fait tomber le rayon de lumière sur un point de la circonférence de l'équateur de l'instrument , donc si on la tient dans cette situation , il la décrira durant la révolution diurne du Soleil , puisque le trou par où il passe étant un des points de l'axe est également distant de tous les points de cette circonférence ; & que de plus le plan sur lequel elle est tracée à l'inclinaison convenable comme il vient d'être dit.

51. Il reste à démontrer que si on met le trou du curseur sur le degré de déclinaison où est le Soleil , le rayon de lumière décrira toujours la même circonférence ; il faut concevoir que la déclinaison du Soleil c'est son élévation ou sa hauteur sur le plan de l'équateur , que le trou du curseur est le sommet d'un style , dont la hauteur ou la longueur est la distance au centre de l'équateur. Cela posé. Si la hauteur du style augmente ou diminue dans le même rapport que la hauteur de l'astre sur le plan , la longueur de l'ombre fera toujours la même , ou si l'on veut le rayon de lumière qui la termine rencontrera le plan toujours à la même distance du pied du style. Ce qui est évident par la seule inspection de la figure. Supposons que l'angle DCG ( Fig. 20. ) mesure la hauteur de l'astre au-dessus du plan CG , & que le rayon DA. rencontrant

le sommet du style PA va choquer le plan CG au point point C , si la hauteur de l'astre diminue , & qu'elle ne soit plus mesurée que par l'angle ECG , mais qu'en même tems on diminue la hauteur AP proportionnellement à l'abaissement de l'astre , en sorte qu'on la reduise à la hauteur PF , il est évident que le rayon EF rencontrera encore le plan au point C ; c'est-à-dire à la même distance du pied P : or par la construction de l'instrument la distance du trou du curseur à l'équateur de métal augmente ou diminue dans la même raison que la distance du Soleil à l'équateur céleste ; donc le rayon de lumière qui passe par le trou du curseur doit rencontrer l'équateur de l'instrument à la même distance du centre & décrire toujours la même circonférence.

52. Il faut encore voir comment on marque sur la lame qui porte le curseur les degrés de la déclinaison du Soleil. Supposons que le centre de l'équateur répond au point N ( Fig. 21. ) que NC est sa distance à la bande circulaire intérieure. Du point C comme centre on décrit de part & d'autre du point N deux arcs FN NI de  $23\text{ d.}\frac{1}{2}$  , qu'on divise en degrés ou en demi degrés ; & par les points de division & le centre commun, des lignes DC, OC &c. qui rencontrent l'axe BA & la division est achevée. Ce curseur parcourt l'espace DM en s'approchant & s'éloignant de l'équateur : DN & NM marquent la plus grande déclinaison, & les lignes DC OC sont les rayons de lumière qui décrivent les différentes surfaces coniques qui ont toutes pour base commune l'équateur de l'instrument.



## L A L U M I E R E D I R E C T E

*Considérée par rapport à la vûe.*

III. 1. **S**I on ouvre les yeux durant le jour on voit les corps qui sont exposés à la lumière ; donc la lumière qui en vient agit sur l'organe de la vue & l'ébranle : or cette impression sur l'organe occasionne dans



l'ame le sentiment ou la sensation qu'on appelle la vision ; suivant laquelle les corps nous paroissent grands ou petits, proches ou éloignés, d'une certaine figure, d'une ou de plusieurs couleurs, en repos ou en mouvement. Ce sont là les choses qui tombent sous le sens de la vûe, & qui en sont l'objet. Il suit de-là que la vision est l'effet de deux causes subordonnées l'une à l'autre. La lumiere ne produit point immédiatement la vision ; elle fait d'abord son impression sur l'organe ; ce n'est point dans cet ébranlement que la vision consiste ; il faut de plus que l'ame soit avertie de ce qui se passe dans le corps qu'elle anime, & qu'en conséquence elle rapporte aux objets du dehors le changement qu'ils y ont produit. L'œil étant le sujet immédiat de la lumiere, & comme l'instrument au moyen duquel elle excite dans l'ame la vision ; il convient de dire quelque chose de ce que l'Anatomie nous apprend de sa structure : il y aura après cela plus de facilité à entendre les effets de la lumiere par rapport à la vision. La description qu'on en va donner est tirée de la dioptrique de M. Descartes.

### *La structure de l'œil*

2. S'il étoit possible de couper l'œil par la moitié sans que les liqueurs dont il est rempli s'écoulassent, ni qu'aucune de ses parties changeât de place, & que le plan de la section passât justement par le milieu de la prunelle, il paroîtroit tel qu'il est représenté en cette figure. ABCD (Fig. 22.) est une peau assez dure & épaisse qui compose comme un vase rond dans lequel toutes ses parties intérieures sont contenues. DEF est une autre peau plus déliée, qui est tendue ainsi qu'une tapisserie au-dedans de la précédente. ZH est le nerf nommé optique, qui est composé d'un grand nombre de petits filets dont les extrémités s'étendent en tout l'espace GHI, où se mêlant avec une infinité de petites veines & arteres, elles composent une espece de chair extrêmement tendre & délicate, laquelle est comme une troisième peau qui couvre tout

le fond de la seconde. KLM sont trois sortes de glaires ou humeurs fort transparentes qui remplissent tout l'espace contenu au-dedans de ces peaux, & ont chacune la figure en laquelle vous la voyez ici représentée. Et l'expérience montre que celle du milieu L qu'on nomme l'humeur cristalline cause à peu près même refraction que le verre ou le cristal, & que les deux autres K & M la causent un peu moindre, environ comme l'eau commune, enforte que les rayons de lumière passent plus facilement par ces deux que par l'air. En la premiere peau la partie BCB est transparente & un peu plus voutée que le reste BAB. En la seconde la superficie intérieure de la partie EF qui regarde le fond de l'œil est toute noire & obscure, & elle a au milieu un petit trou rond FF, qui est ce qu'on appelle la prunelle, & qui paroît si noir au milieu de l'œil quand on le regarde par dehors; ce trou n'est pas toujours de même grandeur, & la partie EF de la peau en laquelle il est, nageant librement dans l'humeur K qui est fort liquide, semble être comme un petit muscle qui se peut étrecir & élargir à mesure qu'on regarde des objets plus ou moins proches, plus ou moins éclairés, ou qu'on les veut voir plus ou moins distinctement. Et vous pouvez voir facilement l'expérience de tout ceci en l'œil d'un enfant, car si vous lui faites regarder fixement un objet proche, vous verrez que sa prunelle deviendra un peu plus petite que si vous lui en faites regarder un plus éloigné qui ne soit point avec cela plus éclairé. Et derechef, qu'encore qu'il regarde toujours le même objet, il l'aura beaucoup plus petite étant en une chambre fort claire, que si en fermant la plupart des fenêtres on la rend fort obscure. Et enfin que demeurant au même jour & regardant le même objet, s'il tâche d'en distinguer les moindres parties, sa prunelle sera plus petite que s'il ne le considère que tout entier & sans attention. Et notez que ce mouvement doit être appelé volontaire non-obstant qu'il soit ignoré de ceux qui le font; car il ne laisse pas d'être pour cela dépendant & de suivre de la volonté qu'ils ont

de bien voir, ainsi que les mouvemens des lèvres & de la langue, qui servent à prononcer les paroles se nomment volontaires à cause qu'ils suivent de la volonté qu'on a de parler; non-obstant qu'on ignore souvent quels ils doivent être pour servir à la prononciation de chaque lettre. EN, EN sont plusieurs filets noirs qui embrassent tout autour l'humeur marquée L, & qui naissant aussi de la seconde peau en l'endroit où la troisième se termine, semblent autant de petits tendons par le moyen desquels cette humeur L devenant tantôt plus voutée, tantôt plus plate, selon l'intention qu'on a de regarder des objets proches ou éloignés, change un peu toute la figure du corps de l'œil, & vous pouvez connoître ce mouvement par expérience; car si lorsque vous regardez fixement une tour ou une montagne éloignée, on présente un livre devant vos yeux, vous n'y pourrez voir distinctement aucune lettre, jusqu'à ce que leur figure soit un peu changée. Enfin OO sont six ou sept muscles attachés à l'œil par dehors qui le peuvent mouvoir de tous côtés, & de même aussi peut-être en le pressant ou retirant aider à changer sa figure.

3. Voici les noms des principales parties de l'œil. La partie BCB de la peau ou membrane extérieure ABCD est appelée la cornée, la membrane DEF la choroïde, & la partie EFE l'uvée, GHI est la retine, K l'humeur aqueuse, L l'humeur cristalline ou le cristallin, M l'humeur vitrée, EN sont les ligamens ciliaires; l'humeur cristalline a la figure d'une loupe ou lentille de verre, & a plus de consistance que les deux autres humeurs, mais l'humeur vitrée en a plus que l'humeur aqueuse; l'uvée est noire dans la superficie concave, & de différentes couleurs dans sa superficie convexe, c'est ce qui la fait nommer l'iris.

*Du passage de la lumière dans l'œil & des images qui se peignent sur la retine.*

4. L'expérience montre que les objets du dehors

peignent leurs images au fond de l'œil sur la retine. On prend l'œil d'un animal, comme d'un bœuf, lorsqu'il est tout frais, on ôte vers DHA une partie des trois peaux qui lui servent d'enveloppes, & on découvre l'humeur vitrée, & afin qu'elle ne s'épanche point, & que l'œil conserve sa figure, on applique à l'endroit de l'incision un corps blanc, mince, délié & transparent comme du papier, une coquille d'œuf &c. : on le met ensuite dans le trou d'une fenêtre fait exprès, en sorte que la partie antérieure ECB soit en dehors tournée vers quelque lieu où il y ait des objets éclairés du Soleil, & que la partie DHA soit en dedans de la chambre où il ne doit entrer aucune lumière, sinon celle qui pourra traverser les trois humeurs K L M. Cela fait, si on regarde le corps blanc qu'on a mis en DHA, on y voit une peinture qui représente fort naïvement en perspective les objets qui sont au dehors.

5. On peut conclure de cette expérience. 1°. Que les rayons de la lumière sont comme autant de pinceaux qui en traçant sur la retine les lineamens des objets les teignent de leurs couleurs naturelles. 2°. Les rayons qui viennent d'un même point sensible doivent se réunir en un seul point de la retine, autrement il se feroit un mélange de couleurs qui ne présenteroit rien de bien distinct à la vue. 3°. Puisque les rayons qui partent d'un même point vont en s'écartant, & qu'ils forment sur l'œil un cône qui a pour base la prunelle, il faut qu'en traversant les trois humeurs, ils se rapprochent pour qu'ils se réunissent en un même point de la retine; ainsi en pénétrant dans les trois humeurs, ils doivent se plier, & en se détournant de la sorte tendre vers un même point ou devenir convergens de divergens qu'ils étoient auparavant. On verra dans la suite comment la lumière se réfracte ou se plie lorsqu'elle a à traverser un nouveau milieu. 4°. La peinture des objets sur la retine est renversée. Supposons que l'objet VXY se peigne au fond de l'œil, le point Y qui est à la droite aura sa place dans l'œil à la gauche vers G, & le point



V qui est à la gauche l'aura à la droite vers I ; de même si l'objet a de la hauteur, le point le plus élevé se peint sur la partie basse , & le point le plus bas sur la partie haute de la retine. La raison en est que les cones de lumiere qui viennent des extrémités d'un objet se croisent en entrant dans l'œil , de façon que le cone qui vient du côté gauche de l'objet tend vers le côté droit du fond de l'œil. Cela est évident par ce qui a été dit de la figure conique que la lumiere forme lorsqu'on la fait passer par une petite ouverture , car les rayons qui viennent du côté droit vont se terminer vers le côté gauche de l'ouverture après qu'ils l'ont rencontrée ; & ceux qui viennent du côté gauche de l'objet se rangent du côté droit de la même ouverture. L'image doit donc être renversée. 5°. Suivant les remarques précédentes , la prunelle s'élargit à une lumiere foible , & elle s'étrecit à une lumiere vive & abondante. Cela est nécessaire pour que les objets se peignent distinctement , une plus grande ouverture donne passage à une plus grande quantité de lumiere & supplée à ce qui manque du côté de la force , & une moindre ouverture de la prunelle écarte les rayons , qui par une force superflue & nuisible pourroient blesser l'organe & travailler à sa destruction , ou du moins y produire par trop de vivacité des ébranlemens irréguliers qui seroient nuisibles à la vision. Les ligamens ciliaires qui tiennent le cristallin comme suspendu entre l'humeur aqueuse & l'humeur vitrée le compriment , & le rendent plus convexe , ou bien ils l'appatissent un peu suivant le besoin ; & les muscles extérieurs qui sont attachés à la partie postérieure de l'œil produisent sur le globe entier des changemens semblables. Car si l'œil entier & ses parties gardoient exactement & invariablement la même figure , on n'appercevrait distinctement que les objets qui seroient à une certaine distance ; sçavoir , ceux dont les rayons après avoir traversé les trois humeurs , & s'y être diversement pliés peindroient sur la retine une image distincte ; mais les objets qui seroient plus ou moins éloignés envoyeroient

des rayons qui tomberoient sur l'œil avec une divergence plus ou moins grande, donc ils arriveroient à la retine étant encore divergens ou bien le point de concours se feroit avant qu'ils y arrivaient, & l'image tracée par ces pinceaux optiques étant nécessairement confuse, la vision qui en est une sorte de copie se ressentiroit aussi de la confusion. Je dis que la vision est en quelque sorte une copie de l'image tracée au fond de l'œil, en tant que les mouvemens imprimés aux filets du nerf optique ou de la retine l'excitent dans l'ame : or si plusieurs rayons venans de divers points produisent des ébranlemens qui se composant en un seul, ne fassent naître qu'une seule impression, tous ces points quoique très-distincts en eux-mêmes ne seront apperçûs que comme un seul & même point, qui participera à la ressemblance de chacun en particulier ; mais qui ne ressemblera parfaitement à aucun ; c'est ce mélange de divers mouvemens qui rend la vision confuse.

6. Ce n'est point inutilement que la choroïde & l'uvée sont noires. Le noir est propre à amortir ou à émoussier & à temperer la trop grande vivacité de la lumière. Dans les pinceaux optiques il y a toujours quelques rayons qui se réfléchissent vers différens côtés, ou que certains obstacles empêchent de se rompre ou de se refracter régulièrement : or ces rayons venant à se mêler avec d'autres en troubleroient les fonctions ; mais si à la rencontre de la choroïde & de l'uvée ils perdent leur force, cet inconvenient n'est plus à craindre.

*De la vision en elle-même & par rapport à ses différentes circonstances.*

7. On vient de voir que les objets du dehors peignent au moyen des pinceaux optiques leurs images au fond de l'œil sur la retine, & qu'ils ébranlent en même tems les filets qui composent cette membrane, & qui sont un épanouissement du nerf optique, qui tire son origine du cerveau. Il est plus que vrai semblable que ces mouvemens

ne se terminent point à la retine & qu'ils se transmettent jusqu'au cerveau, car ces filets sont comme autant de cordes d'instrument qui étant pincées ou legerement touchées en un seul point, ne laissent pas d'être ébranlées & de tremousser dans toute la longueur; ces ébranlemens particuliers des filets du nerf optique ont une certaine analogie avec les pinceaux optiques qui les produisent ou avec les points de l'image qu'ils peignent: or de même que ces pinceaux ou les points de l'image ont des différences qui les font distinguer, ainsi les mouvemens des filets du nerf optique se transmettent jusqu'au cerveau ou jusqu'à leur origine sans se confondre & se mêler ensemble, & gardent entr'eux une distinction aussi grande qu'il y a entre les différens points de l'image tracée sur la retine ou entre les pinceaux qui la peignent, en sorte que l'on peut dire qu'il se forme comme une seconde image de l'assemblage de tous ces mouvemens particuliers, laquelle a un rapport immédiat à la vision qu'elle excite ou qu'elle occasionne: en effet les nerfs sont l'organe du sentiment, & l'ame n'est avertie de ce qui se passe au-dehors qu'autant que l'organe est touché ou ébranlé; il faut donc placer le siège du sentiment dans l'endroit où l'ébranlement se termine sans pénétrer plus avant, c'est-à-dire à l'origine des nerfs. On peut donc conclure que la vision est l'effet de l'ébranlement que les rayons de la lumiere excitent au fond de l'œil, & qui étant communiqué au nerf optique se transmet jusqu'au cerveau où l'ame est aussi-tôt avertie des circonstances qui ont donné lieu à un tel ébranlement; & que c'est dans cette sensation ou perception que la vision consiste.

8. Pour en venir aux circonstances de la vision on supposera que les objets sont vûs dans l'endroit d'où les rayons de la lumiere paroissent venir en dernier lieu. Cette supposition est un principe naturellement connu. Il est naturel de rapporter un effet à sa cause & de la placer en quelque endroit de sa direction, ou dans la direction suivant laquelle elle nous paroît agir: or les rayons de la lumiere exci-

tent en nous la vision , de plus nous ſçavons & nous jugeons naturellement que les objets les envoient en droite ligne ; par conféquent nous les rapportons à l'endroit d'où ils paroiffent venir en dernier lieu , & c'eſt là que nous voyons les objets.

9. Il paroîtroit d'abord en ſuivant ce principe que les rayons qui viennent d'un point ſenſible d'un objet devroient nous faire voir ce point multiple ou dans pluſieurs endroits. Car les rayons qui viennent d'un tel point ſont d'abord divergens , ils forment un cone qui a pour baſe la prunelle , mais en traversant les trois humeurs ils ſe plient & vont ſe réunir en un même point ſenſible de la retine : or en concourant de la forte ils preſſent la retine ſuivant différentes directions , faiſant entr'eux divers angles : ainſi quoiqu'ils concourent en un même point , cependant ils paroiffent venir de pluſieurs endroits , donc ſuivant le principe qu'on vient de poſer , ils devroient faire voir le point d'où ils viennent en premier , dans pluſieurs endroits ou en multiplier la viſion. M ( *Fig. 23.* ) eſt le point ſenſible d'où coulent les rayons qui tombent ſur la prunelle repréſentée par FA , & après s'être refractés dans les trois humeurs vont ſe réunir au point C de la retine , & la preſſent ſuivant les directions AC , BC , DC , EC , FC , & paroiffent venir ſuivant ces directions , donc le point M devroit être apperçû ou vû dans chacune de ces directions & paroître multiple.

10. Cela arriveroit de la maniere qu'on le prétend , & la conféquence qu'on tire du principe ſeroit vraie , ſi chaque rayon en particulier avoit aſſez de force pour émouvoir ſenſiblement l'organe de la vûe , & indépendemment de l'action des autres ; mais chaque rayon lineaire eſt trop foible pour ſe faire ſentir tout ſeul ſans le ſecours des autres ; ainſi le point M n'eſt apperçû que par l'action conjointe de tous ces rayons particuliers laquelle eſt dirigée ſuivant CM. Il en eſt de la preſſion reſultante des preſſions particulieres des rayons comme de l'impulſion qu'un corps reçoit étant tiré par pluſieurs uiſſances à la fois , il ne ſuit



la détermination d'aucune en particulier, son mouvement est composé de toutes les forces particulières qui lui sont appliquées, sans qu'aucun puisse produire son effet distinct & séparé. Donc quoique les rayons qui partent du point M exercent leurs actions particulières après s'être rompu suivant plusieurs directions, cependant la pression totale qui en résulte, & qui est la seule sensible n'est dirigée que vers un même endroit, c'est pourquoi le point M doit paroître unique & non multiple suivant la multitude des directions particulières.

11. Les objets se peignent au fond de l'œil renversés & cependant on les voit droits. Cela cessera de paroître surprenant si on fait réflexion que les rayons qui viennent de la gauche peignent la partie de l'image qui est à la droite, & que ceux qui viennent de la droite peignent la partie gauche; donc suivant le principe on doit rapporter la partie de l'image qui est à la droite vers la gauche, & la partie qui est à la gauche vers la droite: ainsi les objets doivent paroître droits, quoique leur peinture sur la retine soit renversée. Un aveugle qui tient deux bâtons un de chaque main, & qui presse le pavé en les tenant croisés rapporte naturellement la pression qu'il reçoit à la main droite, au côté gauche, & celle de la main gauche au côté droit: il en est de même des pinceaux optiques, ils se croisent, ceux du côté gauche de l'objet peignent le côté droit de l'image; l'impression qu'ils font sur l'œil se rapporte donc au côté gauche de l'objet, & point du tout au côté droit; les objets doivent donc paroître dans leur situation naturelle.

12. Tant qu'on ne regarde un objet que d'un œil on le voit seul & unique, mais si on le regarde de deux yeux il y a des cas où l'on le voit double. On pourroit même demander, pourquoi on ne voit pas toujours les objets doubles lorsqu'on les regarde des deux yeux, puisque chaque œil reçoit son impression à part & indépendamment de l'autre. Pour satisfaire à la question proposée, on observera qu'ordinairement en regardant un objet, on diri-

ge la vûe de maniere que les pressions totales qu'exercent sur les deux retines les rayons qui viennent d'un même point sont dirigées l'une & l'autre par un mouvement retrograde vers ce point ; pour lors on ne doit voir des deux yeux qu'un seul point ou un seul objet , puisque les pressions causées par les deux cones de lumiere ne se rapportent qu'à un seul & même objet , & que d'ailleurs on voit un objet dans l'endroit d'où les rayons de lumiere paroissent venir en dernier lieu ; mais si l'on dirige la vûe de maniere que les deux pressions totales résultantes des actions particulieres des rayons de chaque cone tendent ou se rapportent vers des points différens , pour lors quoique les rayons qui produisent la vision partent d'un même point cependant ils feront voir l'objet double , parceque les pressions causées sur les deux retines sont dirigées ou se rapportent à des points différens. C'est ce qui arrive lorsqu'on regarde de l'œil droit un objet & qu'on tâche de voir en même tems d'autres objets ou points situés à la gauche , & qu'en regardant le même objet de l'œil gauche on s'efforce de voir d'autres objets ou points situés à la droite ; pour lors on verra l'objet double , parce que chaque œil le rapporte en un lieu différent.

*De la distance & de la grandeur apparente des objets.*

13. Il y a divers moyens de juger de la distance des objets en les regardant. 1°. On dirige la vûe vers un point, & les rayons visuels qui en viennent ou qui y tendent font un angle qui a pour base la distance qui est entre les centres des globes des deux yeux : or comparant par une géométrie naturelle la base avec les côtés , ou l'angle qu'ils comprennent avec ceux qui sont sur la base , on juge que les objets sont plus ou moins éloignés ; plus la base paroît petite par rapport aux côtés , plus on juge l'objet éloigné , il en est de même si on apperçoit que l'angle qui est entre les rayons visuels est très-petit par rapport à ceux qui sont sur la base. 2°. Le changement qui arrive à la figure de l'œil peut être un moyen de comparaison & faire con-

noître à l'ame, si la distance qui est entre les deux yeux comparée aux rayons visuels qui font les côtés de l'angle auquel elle sert de base est grande ou petite. Car on a vû que la figure de l'œil doit changer quelque peu selon que les objets sont plus ou moins éloignés, afin que la vision soit distincte, & le changement doit être proportionné à la distance. 3°. Toutes choses étant d'ailleurs égales, les objets éloignés envoient moins de lumière que s'ils étoient proches, parce que la lumière s'affoiblit à mesure qu'on la reçoit à des plus grandes distances de l'objet éclairé ou lumineux, donc le degré de force dans la lumière qu'un objet envoie est un autre moyen de connoître son éloignement. 4°. Les corps interposés peuvent avoir le même usage, plus on apperçoit de corps entre soi & un objet, plus on le juge éloigné; un édifice qui sera au bout d'une allée bornée de deux rangées d'arbres paroîtra plus éloigné que si on le voyoit de la même distance dans une campagne rase. C'est peut-être aussi pour cette raison que nous jugeons les astres qui sont à l'horison plus éloignés que lorsqu'ils ont une grande hauteur, car lorsqu'ils sont à l'horison, nous voyons une longue suite d'objets entre deux, ce qui nous les fait juger fort éloignés; mais lorsqu'ils sont montés à une grande hauteur nous perdons de vûe ces objets, & en conséquence leur éloignement paroît moindre. Une autre raison peut nous faire croire que les astres à l'horison sont plus éloignés qu'étant arrivés au méridien. Car comme il vient d'être dit, moins un même objet envoie de lumière à l'œil plus on le croit éloigné; or la lumière des astres à l'horison est beaucoup plus foible que lorsqu'ils sont arrivés au méridien ou à une grande hauteur: deux causes produisent cet affoiblissement de la lumière. 1°. les vapeurs qui sont en plus grande quantité près de l'horison amortissent un grand nombre de rayons. 2°. La lumière des astres à l'horison a une plus grande masse d'air à traverser, ce qui fait qu'elle rencontre plus de parties solides qui la réfléchissent & qui en diminuent d'avantage la force.

La grandeur apparente des objets peut être considérée sous deux rapports. 1°. Dans l'ame en tant que c'est une sensation ou une perception suivant laquelle on juge qu'une chose est plus ou moins grande. 2°. Audehors en tant qu'on attribue à cette grandeur une mesure & qu'on en détermine le rapport. La grandeur réelle d'un objet, c'est l'espace qu'il occupe suivant la triple dimension, de longueur de largeur & de profondeur. La grandeur apparente dans le premier sens est sujette à une grande variation, & elle dépend beaucoup de l'imagination. La grandeur apparente dans le second sens est mesurée ou déterminée par l'angle que forment les rayons visuels qui partent des extrémités d'un objet, cet angle augmente lorsqu'on s'approche de l'objet & il diminue lorsqu'on s'en éloigne. On le nomme ang'e optique, angle visuel ou de la vision; il a pour base le diamètre de l'objet; ce diamètre demeure toujours le même, mais l'apparence ou la sensation qu'on en a est sujette aux mêmes variations que l'angle auquel il sert de base; c'est pourquoi on distingue entre le diamètre réel d'une chose & son diamètre apparent; puisque le diamètre apparent d'une chose varie suivant l'éloignement, il est aisé d'appercevoir que l'image qui s'en forme au fond de l'œil varie de même, ainsi plus un objet est éloigné, plus le diamètre de l'image qu'il peint au fond de l'œil est petit. Lorsque la distance d'un objet est connue, on détermine son diamètre réel en observant l'angle de la vision; mais si la distance est inconnue on ne peut avoir que son diamètre apparent. On va d'abord considérer la grandeur apparente sous les deux rapports qu'on y a distingués; c'est-à-dire en tant qu'elle dépend de l'imagination, & en tant qu'elle est mesurée par l'angle de la vision.

14. Si plusieurs objets sont vûs à des distances qu'on juge égales sous des angles optiques égaux, leurs grandeurs apparentes sont égales; car on est naturellement porté à supposer qu'il y a égalité entre les choses qui ne laissent voir aucune différence; c'est pourquoi nous som-



mes portés à juger que le Soleil & la Lune ont des grandeurs égales, parce que leurs distances paroissant égales, on les apperçoit sous des angles optiques égaux; cependant l'Astronomie nous apprend que le Soleil étant beaucoup plus éloigné, sa grandeur réelle surpasse à proportion celle de la Lune.

15. Si des objets que l'on juge être également distans sont apperçûs sous des angles inégaux, il paroissent avoir des grandeurs inégales: c'est ainsi que plaçant les étoiles à la même distance que la Lune, elles nous paroissent plusieurs fois plus petites que cette planete, parce qu'elles sont apperçûes sous des angles optiques beaucoup plus petits. Si divers objets qu'on juge à des distances inégales sont apperçûs sous le même angle optique ou sous des angles égaux, ils auront des grandeurs apparentes inégales; ainsi un homme de 4 pieds à la distance de 8 toises paroît plus petit qu'un homme de 6 pieds à la distance de 12 toises quoiqu'ils soient vûs tous deux sous le même angle, puisque les grandeurs réelles sont proportionnelles aux distances. C'est-là le cas où l'imagination influe beaucoup sur la perception des objets, & nous les représente plus grands qu'ils ne devroient paroître eu égard à l'image qui s'en forme sur la retine, & eu égard à l'angle sous lequel ils sont apperçûs. De même la Lune & le Soleil paroissent plus grands à l'horison qu'étant au méridien, cependant l'angle de la vision est à peu près le même si on l'observe lorsque les astres sont à l'horison & au méridien.

16. Des célèbres Mathématiciens ont cherché qu'est-ce qui hors de nous pouvoit donner lieu d'imaginer les diamètres du Soleil & de la Lune plus grands à l'horison qu'au méridien, ou plus grands qu'ils ne devroient paroître eu égard à l'angle de la vision ou au diamètre de la peinture qui s'en forme au fond de l'œil, & toutes choses bien considérées, ils ont conclu de leurs raisonnemens que l'inégalité apperçûe entre les distances du Soleil & de la Lune à l'horison & au méridien, étoit le fondement

de la différence qui est entre les deux sensations ou perceptions. En effet les astres à l'horison nous paroissent plus éloignés qu'au méridien ; on a déduit les raisons de cette apparence , on peut en apporter encore une qui prouve cela d'une maniere bien sensible , c'est que la voute apparente du Ciel qui devoit être spherique si la vision portoit également loin autour de nous , est cependant élliptique ou en arc surbaissé : cela fait voir que les distances apparentes ou apperçûes sont inégales , plus grandes près de l'horison , moindres à mesure qu'on regarde plus près du Zénit ; on verra bientôt plus particulièrement pourquoi le Ciel a l'apparence d'une voute un peu écrasée. Pour ce qui est de l'exemple des deux hommes qui étant placés à des distances proportionnelles à leurs vraies grandeurs , & qui étant apperçûs sous le même angle ou sous des angles égaux paroissent néanmoins avoir des hauteurs inégales , il est visible qu'il n'y a que la différence des distances qui puisse faire juger d'un jugement naturel ou non réfléchi que celui qui est le plus éloigné est le plus grand.

*L'angle optique mesure de la grandeur apparente , & les Phénomènes expliqués dans cette supposition.*

17. Dans ce qui suit on n'aura point égard aux effets & au pouvoir de l'imagination. On déterminera la grandeur apparente par l'angle optique formé entre les deux rayons de lumiere qui concourent au centre de la prunelle , & qui a pour base une des dimensions de l'objet , ou un de ses diamètres. Cela posé , la grandeur apparente d'un objet augmente & diminue selon qu'on s'en approche ou qu'on s'en éloigne ; car l'angle de la vision diminue si on s'éloigne , & augmente si on s'approche , ainsi que la Géometrie le démontre ; sçavoir , que les angles qui ont des bases égales , & des côtés inégaux sont inégaux , & que le plus grand est compris entre les côtés les moins longs. On peut déduire de ce principe d'optique plusieurs apparences qu'il est aisé d'observer lorsque l'occasion s'en présente.

18. 1°. Si l'œil est placé entre deux rangées d'arbres parallèles entr'elles, elles paroîtront s'approcher vers l'extrémité opposée. Car quoiqu'elles soient également distantes dans toute leur longueur, néanmoins ces intervalles sont apperçûs de distances inégales, ou ce qui est la même chose, les angles optiques auxquels ils servent de bases ont leurs côtés inégaux, qui augmentent à mesure que la vûe se porte à des plus grandes distances; donc ces angles ou les grandeurs apparentes de ces intervalles égaux diminuent par l'allongement des rayons visuels ou par le prolongement des distances, donc les deux rangées d'arbres doivent paroître inclinées l'une à l'autre, & s'approcher vers l'extrémité opposée. Par une raison semblable les murs d'un grand édifice comme d'une Eglise ou d'une Galerie, doivent aussi paroître s'approcher vers l'autre bout quoiqu'ils soient parallèles. Il en sera de même de la voute par rapport au pavé, ou du ciel de la Galerie par rapport au plancher; l'intervalle est le même dans toute la longueur de l'édifice, mais parce qu'il termine les côtés de divers angles optiques qui diminuent continuellement, il paroîtra inégalement grand, c'est pourquoi on verra les deux murs moins écartés vers le bout qui borne la vûe, & il semblera que le pavé s'élève vers la voute & que la voute s'abaisse vers le pavé.

19. 2°. La voute apparente du Ciel à la figure elliptique ou d'un arc surbaissé. Cette apparence dépend de deux causes. On va d'abord développer la première, l'autre a une liaison nécessaire avec le principe d'optique qu'on vient de poser. Supposons que ABD (Fig. 24.) représente la terre, LOPH l'atmosphère ou la masse d'air qui l'environne. On seroit d'abord porté à croire que la terre n'étant que comme un point par rapport à la vaste étendue des cieux, la portion que nous en découvrons devroit être sphérique; car étant au centre & la vûe pénétrant de tous les côtés également loin, la surface visible devroit paroître également concave dans toutes ses parties ou affecter

la figure sphérique. Cette raison perdra beaucoup de sa force, si on fait réflexion que nous voyons la voute apparente du ciel principalement par la lumière réfléchie. Si durant le jour nous ne recevions que la lumière directe du Soleil, il n'y auroit que la partie du ciel à laquelle cet astre répond qui seroit visible, tout le reste seroit dans l'obscurité, puisque l'œil ne recevroit que la lumière directe de l'astre vers lequel il seroit tourné; mais une partie de la lumière que le Soleil lance vers la terre venant à traverser l'atmosphère rencontre les parties solides de l'air & est réfléchie en tous sens: dans ces différens chocs des particules de la lumière contre les molécules d'air, il y a plusieurs rayons qui sont amortis ou qui perdent leur force; mais il y en a un grand nombre qui après un certain nombre de réflexions arrivent jusqu'à la surface de la terre, & c'est cette lumière, en tant quelle est réfléchie par l'air environnant qui forme la voute apparente du ciel. Car suivant ce qui a été dit plus haut l'on voit les objets dans l'endroit d'où les rayons visuels paroissent venir en dernier lieu, ou ce qui est la même chose, la vûe se termine à cet endroit là même. Cela posé, supposons que l'air qui peut réfléchir la lumière vers la terre occupe la hauteur  $AL$ , si du point  $A$  on tire une tangente  $HAO$  au globe terrestre, elle représentera l'horison sensible, & l'arc  $HLO$  la portion d'air qui envoie la lumière par réflexion; donc la vûe sera terminée ou bornée par l'arc  $HOL$ ; or cet arc quoique sphérique ou circulaire a cependant la figure d'un arc surbaissé, parce qu'il n'est pas en plein centre étant beaucoup moindre que la demie circonférence, donc la seule réflexion de la lumière à la rencontre des parties solides de l'atmosphère suffit pour donner à la voute apparente du ciel la figure d'un arc surbaissé. Mais si on imagine des perpendiculaires tirées de tous les points de l'arc  $HLO$  sur l'horison  $HO$ , elles représenteront les hauteurs de ses différentes parties, & si ces hauteurs étoient toutes égales, l'horison paroîtroit s'élever vers le ciel & le ciel s'abaisser vers l'horison, comme feroient deux planchers



l'un inférieur & l'autre supérieur : ainsi quand même les hauteurs apparentes du ciel au dessus de l'horison sensible seroient égales, le ciel & l'horison paroîtroient s'approcher l'un de l'autre; mais elles sont inégales, donc demeurant inégales leur grandeur apparente sera diminuée & plus diminuée vers les bords de l'horison que près de l'œil du spectateur; ce qui rendra l'arc **HOL** moins tranché ou moins aigu, & par conséquent un peu plus convexe vers les extrémités **HO**, & le fera paroître presque comme une demie ellipse. Puisque l'horison doit sembler monter vers le ciel, il s'ensuit que la pleine mer qui fait partie de l'horison doit paroître plus haute que le rivage. Une autre cause peut concourir à produire cette apparence, sçavoir, la réfraction de la lumière, car les rayons qui sont entrés dans l'eau & qui en sortent ensuite se plient vers l'œil, & élèvent les parties réfléchissantes de l'eau : car le fond d'un vaisseau plein d'eau paroît plus élevé que quand le vaisseau est vuide, ce qui s'entendra mieux lorsqu'on en fera à la réfraction.

20. Lorsqu'on dit que la grandeur apparente d'un objet diminue à mesure qu'on s'en éloigne. Cela suppose qu'aucune nouvelle matière ne se joint point à sa masse pour la faire paroître plus grande : si on regarde, par exemple, un flambeau au milieu d'une nuit obscure il paroîtra plus grand de loin que de près; ce qui n'infirme point le principe dont il s'agit. Car les particules ignées qui s'échappent continuellement communiquent à l'air environnant une clarté que l'œil, de loin, ne distingue point de la lumière propre du flambeau; c'est cette clarté qui le fait paroître plus grand lorsqu'on le regarde de loin, & qui est de nul effet lorsque l'œil est proche, parce qu'il est alors à portée de distinguer cette fausse lumière d'avec la véritable; que si de loin l'œil n'appercevoit que la lumière propre du flambeau elle paroîtroit plus petite qu'étant regardée de près.

21. Les grandeurs apparentes d'un même objet sont suivant le principe supposé comme les angles sous lesquels on l'apperçoit de différentes distances: or si ces angles

sont fort petits, ils seront sensiblement dans la raison réciproque des distances ; à une distance deux ou trois fois plus grande, l'angle optique sera deux trois fois moindre. Si par exemple la distance  $DC$  (*Fig. 25.*) est double de la distance  $CA$ , l'angle optique  $BDC$  fera seulement la moitié de l'angle optique  $BAC$  en supposant qu'ils sont tous deux fort petits. Car l'angle extérieur  $BAC$  est égal aux deux intérieurs opposés  $ACD$ ,  $ADC$ , or ces deux angles sont sensiblement comme les côtés apposés  $AD$ ,  $AC$  ; donc l'angle  $BAC$  sera à l'un de ces deux angles, par exemple, à l'angle  $ADC$  comme les deux côtés  $AD$  &  $AC$  pris ensemble sont au côté  $AC$  opposé à l'angle  $D$  ou comme la distance,  $DC$ , laquelle est à peu près égale à la somme des côtés  $AD$   $AC$ , est à la distance  $AC$ . Donc les grandeurs apparentes de l'objet  $BC$ , c'est-à-dire les angles  $BAC$ ,  $BDC$  sous lesquels on l'observe des distances  $CA$ ,  $CD$  sont réciproquement comme ces distances.

22. L'Astronomie nous apprend que les planetes ne sont point toujours à la même distance de la terre ; ainsi leur grandeur apparente est variable ; & parce que les angles optiques sous lesquels on les observe sont très-petits, les grandeurs apparentes sont dans la raison réciproque des distances à la terre : or une planete est dans sa moindre distance lorsqu'elle est perigée, & dans sa plus grande lorsqu'elle est dans son apogée ; ainsi une planete doit paroître la plus grande lorsqu'elle est perigée, & la moindre lorsqu'elle est apogée : mais une planete ne sçauroit être dans sa moindre ou sa plus grande distance à l'égard de la terre, que la distance de la terre à la planete ne soit aussi la moindre ou la plus grande ; donc la grandeur apparente de la terre étant observée de dessus la planete feroit alors la plus grande ou la moindre. Donc le tems le plus favorable pour observer cette grandeur ou l'angle sous lequel le demi diamètre de la terre paroîtroit à un observateur placé sur la planete, c'est lorsqu'elle est perigée ou lorsqu'elle est la plus proche. C'est cet angle opti-

que qu'on appelle la parallaxe de la planète, lequel étant connu donne sa distance à la terre.

23. Pour bien voir un objet l'angle optique ou de la vision ne doit point excéder 90 degrés. C'est l'expérience qui a fait découvrir que la vûe pouvoit s'accommoder de cette ouverture ; si l'angle optique étoit obtus, l'arc qu'il embrasseroit auroit trop d'étendue, la vûe seroit peine & ne se fixant sur aucune partie de l'objet rien ne paroîtroit bien distinct. C'est sur cette regle qu'est fondé l'usage, lorsqu'on veut juger de l'effet d'un morceau d'architecture, de s'éloigner du pied au moins d'autant qu'il a de hauteur, car pour lors la perpendiculaire tirée du centre de la prunelle fait un angle de 45 degrés avec le rayon visuel qui rase le sommet, de sorte que si la hauteur de l'édifice étoit continuée autant au-dessous de la perpendiculaire, l'angle visuel seroit droit ; on observe même que l'œil peine encore sous l'angle droit, & que pour être à son aise l'angle visuel ne doit être que d'environ 60 deg. Si cet angle étoit ensuite de beaucoup moindre, certaines parties remarquables échapperoient à la vûe ou paroîtroient confuses.

24. On a dit que la grandeur apparente d'un objet diminue lorsqu'on s'en éloigne, & qu'elle augmente lorsqu'on s'en approche. Cela suppose qu'il demeure toujours dans la même situation, car s'il en changeoit le contraire pourroit arriver ; supposons qu'un objet est exposé directement à la vûe, & que les rayons visuels font des angles égaux avec le diamètre qui les termine, en sorte que le triangle qui est formé des deux rayons visuels & de ce diamètre soit isoscele, si l'objet vient à s'incliner de manière que le même diamètre fasse des angles inégaux avec les rayons visuels, la grandeur apparente diminuera quoique l'œil le regarde de la même distance ; elle pourra même diminuer quoique l'œil s'approche ; sçavoir, si les rayons visuels deviennent de plus en plus obliques à la grandeur qui les termine & qui sert de base à l'angle visuel.

25. Si on regarde une sphere de près on en voit une moindre partie que si on la regarde de loin. Car les rayons visuels qui comprennent la partie visible sont autant des tangentes de la sphere : or plus les tangentes sont courtes plus l'arc qu'elles comprennent est petit, plus elles sont longues plus cet arc est grand ; donc plus l'œil est proche plus la partie visible est petite ; plus il est éloigné, plus elle est grande. Plus les tangentes d'un cercle ou d'une sphere sont courtes, plus l'angle qu'elles forment est grand, donc plus la portion visible d'une sphere est petite plus l'angle visuel est grand, & plus la partie visible est grande plus l'angle visuel est petit. Quelque grande que soit la distance d'où l'on regarde une sphere, la partie visible fera toujours moindre qu'un hemisphere ; car tant que les rayons visuels font entr'eux un angle, l'arc qu'ils comprennent est moindre que la demie circonférence ; car s'il étoit égal à la demie circonférence, les deux tangentes entre lesquelles il seroit compris seroient paralleles : par conséquent quelque grande que soit la distance d'où l'on regarde une sphere, on n'en voit jamais la moitié. Cependant lorsque l'angle visuel est extrêmement petit, tel qu'on l'observe à l'égard de la plupart des planetes, les rayons visuels sont alors sensiblement paralleles, & la partie visible est aussi sensiblement égale à la moitié de la sphere ; mais les diamètres apparens du Soleil & de la Lune observés de la terre, soutendent des angles d'environ un demi degré ; par conséquent nous ne voyons jamais la moitié de leurs surfaces. Voyez la figure 26 où l'arc CE compris entre les tangentes CA EA qui sont deux rayons visuels de l'angle optique CAE est moindre que l'arc CB compris entre les rayons visuels CD, BD qui sont les côtés de l'angle optique BDC moindre que CAE.

26. Si plusieurs objets étant sur une même ligne éloignés les uns des autres, ont des hauteurs proportionnelles aux distances à l'œil, en sorte qu'ils soient tous apperçus sous un même angle, le moindre qui est le plus proche de l'œil cachera tous les autres qui sont derriere



lui ; cela est évident , puisqu'un des rayons visuels qui forment l'angle optique passe par les sommets de tous les objets. Si l'œil s'éloigne d'avantage , l'angle visuel que le moindre objet soutient diminuera , ou ce qui est la même chose , le rayon visuel qui passera par le sommet s'approchera de celui qui passe par l'extrémité inférieure & coupera par conséquent les objets qui sont derrière , donc le moindre objet laissera voir quelque partie des objets qu'il cachoit entierement ; & si l'œil s'éloigne encore davantage , le rayon visuel qui passera par le sommet du moindre objet , s'approchera aussi de celui qui passe par l'extrémité inférieure , & l'œil découvrira une plus grande partie dans les objets qui sont derrière. La même chose arriveroit si l'œil & le plus petit des objets restant dans la même place , tous ceux qui sont derrière & qui sont les plus grands s'approchoient du moindre. Dans la Fig. 27 les distances AB AE AG étant proportionnelles aux hauteurs BC EF GH , la moindre BC cache toutes les autres ; mais si l'œil s'éloigne en D , le rayon DCIL plongera , l'angle LDG étant moindre que HAG , & la moindre hauteur BC laissera voir les parties IF LH.

27. On peut déduire de là la raison pourquoi dans certaines éclipses centrales du Soleil , la Lune cache tout le disque de l'astre qu'elle éclipse , & dans d'autres elle en laisse voir une partie. Si les diamètres des deux astres sont proportionnels à leurs distances à la terre , ils seront vus sous un même angle , ou ce qui est la même chose , les grandeurs apparentes seront égales ; pour lors la Lune éclipsera ou cachera tout le disque du Soleil : si la distance qui est entre les deux astres demeurant la même , la terre se trouve plus proche de la Lune , ou bien si la Lune s'approche de la terre & que le Soleil s'en éloigne , comme lorsque la Lune est dans le périgée , & que le Soleil est dans l'apogée , le diamètre apparent de la Lune sera plus grand que le diamètre apparent du Soleil , pour lors l'éclipse centrale sera non seulement totale , mais el-

le la feroit auffi quand même le Soleil feroit encore plus grand qu'il n'est. Si enfin la Lune se trouve plus éloignée de la terre, comme lorsqu'elle est apogée, & que le Soleil en soit plus proche comme lorsqu'il est périgée, le diamètre apparent de la Lune sera moindre, & pour lors une éclipse de Soleil pourra être centrale fans être totale, parce que l'excédent du diamètre apparent du Soleil formera autour du globe de la Lune une couronne lumineuse.

28. L'intervalle qui est entre les deux yeux ou entre les centres des prunelles, empêche que certains petits corps qui se trouveroient au devant ne cachent les objets. Supposons que AB (*Fig. 28. 29. 30.*) soit la distance des centres des deux prunelles, GH le corps qui se trouve au devant, DE l'objet exposé à la vûe; si les rayons visuels AC BC qui passent par les extrémités du corps interposé GH se croisent sur l'objet en un point C (*Fig. 28.*), il n'en cachera aucune partie, car la partie CE sera visible à l'œil B, & la partie DC à l'œil A: ainsi l'objet entier pourra être vû; la même chose arrivera si les rayons visuels AC, BC (*Fig. 29.*) se coupent entre l'objet & le corps interposé GH; mais s'ils se rencontrent au-delà de l'objet (*Fig. 30.*) la partie IL qui sera comprise entre ces rayons demeurera cachée.

*De la vision ou de l'apparence des figures.*

29. Un même corps peut être vû sous différentes figures selon le côté qui est tourné vers l'œil, il n'y a que la sphere qui présente toujours la même face ou une face parfaitement uniforme; les autres grandeurs soit lignes, soit surfaces ou solides, ont diverses apparences selon qu'elles sont situées à l'égard de l'œil.

1°. Si une ligne droite est située de maniere qu'étant prolongée elle puisse enfiler la prunelle perpendiculairement par son centre, son apparence ne sera qu'un point, car l'extrémité visible cachera tous les autres points qui sont derriere; & si cette ligne est l'axe d'un prisme, par

Exemple d'un cylindre, l'œil ne verra que la base du même solide. Si l'œil regarde obliquement une ligne droite, elle aura toujours l'apparence d'une ligne droite, mais plus ou moins grande, selon que l'angle visuel qu'elle soutendra fera plus ou moins grand ; elle paroîtra la plus grande lorsqu'elle fera les mêmes angles avec les rayons visuels, ou qu'elle fera la base d'un triangle isocèle, l'œil étant supposé à la même distance.

30. Si une surface plane tranche la prunelle perpendiculairement par son centre, son apparence sera une ligne droite, car cette surface étant composée de lignes droites, les moins longues se rapporteront à la plus longue de toutes, supposé qu'elles soient plus proches de l'œil, ou si la plus longue en est plus près, elle cachera toutes les autres, ainsi la surface sera vûe comme une ligne droite. Si l'œil regarde obliquement une surface plane, l'apparence sera variable suivant que les rayons visuels seront plus ou moins obliques ; si c'est un cercle il paroîtra comme une ellipse ; si l'œil est sur l'axe du cercle, son apparence sera un cercle, car pour lors tous les diamètres & les demi diamètres seront vûs sous un même angle ; dans les autres situations de l'œil ils seront vûs sous des angles inégaux, & le cercle paroîtra écrasé ou comme une ovale ; il y a pourtant un cas où les diamètres du cercle paroîtront égaux quoique l'œil soit hors de l'axe, c'est lorsque le rayon visuel qui passe par le centre du cercle est égal au demi diamètre, ou que l'œil est distant du centre d'un demi diamètre, pour lors tous les diamètres du cercle sont vûs sous des angles égaux, mais les demi diamètres seront vûs sous des angles inégaux ; c'est pourquoi l'apparence du cercle dans ce cas ne sera pas la même que si l'œil étoit sur l'axe à la distance d'un demi diamètre du centre, car comme il vient d'être dit, non seulement les diamètres seroient vûs sous des angles égaux, mais encore les demi diamètres.

31. Ce qui vient d'être dit des figures planes peut être appliqué aux figures solides qui sont composées de surfaces planes. On observera seulement que l'éloignement & la façon dont elles sont éclairées peuvent beaucoup varier leurs apparences, ainsi une sphere qui de près paroît convexe, parce que certaines parties de sa surface antérieure & visible sont proches de l'œil, & que les autres s'en éloignent ensuite plus ou moins étant vûe de loin à l'apparence d'un cercle, parce qu'alors l'œil ne distinguant plus la différence qui est entre les divers éloignemens des parties de la surface visible, il les rapporte toutes à une même surface plane; c'est la raison pourquoy le Soleil & la Lune qui sont des vrais globes nous paroissent comme des cercles, & c'est à cause de cette apparence qu'on dit le disque du Soleil, le disque de la Lune. L'éloignement qui dérobe à la vûe les petites parties, & qui fait disparoître les différences qu'on observeroit facilement de près, modifie aussi les autres figures; ainsi un édifice qui sera à plusieurs angles, & qui aura par exemple la figure d'un exagone ou d'un octogone, pourra avoir l'apparence d'une figure circulaire si l'œil ne distingue point les angles que font ensemble les surfaces planes qui le terminent.

32. Il y a des règles pour représenter les figures telles qu'elles nous paroissent dans leurs différens éloignemens & dans toutes les situations de l'œil à leur égard, c'est la perspective qui les donne. Cette partie de l'optique qui est le fondement du dessein & de la peinture consiste en peu de préceptes, mais l'exécution en est de longue haleine. Deux choses sont nécessaires pour la perfection de cet art, une imagination noble & aisée & une main souple & flexible, l'une conçoit & dicte, l'autre exécute & imprime le trait qui lui est suggéré; si la main ne pose que ce qui lui est dicté par l'imagination, l'ouvrage sera vraiment représentatif & une expression naturelle & parfaite de la chose.



*Idee succinte de la perspective.*

33. La perspective considere les rayons de la lumiere qui aboutissent à l'œil comme s'ils passioient au travers d'une surface transparente, & y peignoient les objets de même qu'ils les peignent sur la retine au fond de l'œil. La surface transparente sur laquelle on suppose que cette peinture est reçue ou dessinée, est appelée le tableau, il peut être plan ou concave ou bien convexe, droit & perpendiculaire à l'horison ou incliné; dans la suite on supposera qu'il est plan & qu'il est à angles droits sur l'horison. Pour aider l'imagination & se figurer plus aisément de quelle maniere les rayons de lumiere en traversant le tableau y impriment les traits des objets; on peut supposer que c'est une grande glace de verre bien polie & que chaque rayon de lumiere porte avec soi la propre couleur dont est coloré le point d'où il part, & qu'en traversant le tableau il y laisse son empreinte dans le même degré de force & de nuance qui rendent visible le point de l'objet d'où il coule.

34. La perspective a deux parties, l'une considere l'inflexion des lignes, leur courbure, leur diminution ou raccourcissement, & la situation qu'elles doivent avoir les unes par rapport aux autres pour former par leur assemblage le contour & la figure apparente des objets; on l'appelle perspective linéale, parce qu'avec des simples lignes on peut représenter toutes les figures tant planes que solides. L'autre partie traite de la diminution des teintes & des couleurs, de la maniere de les étendre, de les fortifier & de les affoiblir sur une figure qui a été dessinée suivant les préceptes de la premiere partie, on l'appelle perspective aérienne. La perspective linéale ne forme pour ainsi dire que le squelette des figures ou des objets; la perspective aérienne les revêt & leur donne du corps, & en les habillant de leurs propres couleurs, elle fait que certaines parties paroissent sortir & avancer hors du tableau, & que d'autres paroissent fuir

ou s'éloigner, enforte que la figure dessinée fait sur l'œil la même impression que l'objet qu'elle représente, & le trompe agréablement sans qu'on puisse l'accuser d'induire en erreur.

ABK (Fig. 31.) est le tableau qui est perpendiculaire au plan horizontal GT, on l'appelle plan géométral, AB qui est la commune section de ce plan & du tableau est appelée la ligne de terre, LO est la hauteur du spectateur ou de l'œil audessus du plan géométral, OP est un rayon visuel perpendiculaire au tableau, il est appelé rayon principal ou ligne de distance, & le point P où il rencontre le tableau est le point de vûe ou le point principal. Si du point P on tire dans le tableau une ligne HPR parallèle à la ligne de terre AB, elle est appelée la ligne horizontale; si on prend sur cette ligne d'un côté ou d'autre du point P un autre point D autant distant du même point P que l'œil O l'est du tableau, enforte que PD soit égale à OP, ce point D est appelé point de distance. Supposons que l'œil étant fixe au point O regarde l'objet MNEF à travers le tableau ABR que l'on suppose transparent, une multitude de rayons coulant de tous les points de l'objet le traverseront, & il y en aura un certain nombre, sçavoir ceux qui aboutiront à la prunelle qui rendront l'objet visible. Il est clair que tous ces rayons formeront une pyramide qui aura pour base l'objet & pour sommet la prunelle; & si chacun laisse son empreinte sur le tableau, l'assemblage de tous ces points composera une image ou apparence qui fera sur l'œil la même impression que l'objet, puisque les rayons qui couleront de l'image vers l'œil seront précisément les mêmes que ceux qui viennent de l'objet: de sorte que si tout à coup l'image devient opaque & que l'objet disparoisse le spectateur croira le voir encore, car les rayons de lumière gardant le même ordre, & toute la force qu'ils ont à la rencontre du tableau, il est nécessaire qu'ils excitent la même sensation, comme s'ils venoient de l'objet: or la perspective lineale donne des regles qui font trouver

dans le tableau les points où il est coupé par les rayons qui tombent sur la prunelle, & dont l'assemblage forme la représentation d'un objet tel que MNEF.

35. Tous les corps sont terminés de surfaces, les surfaces sont comme composées de lignes, & les lignes de points. On réduit donc tout ce qu'on a à dire de la perspective lineale à trouver dans le tableau l'apparence d'un point. Un point d'un objet peut-être sur le plan géométral, comme le point M, ou bien il est en l'air comme le point N. Tout point qui est en l'air peut être considéré comme étant sur une ligne perpendiculaire au plan géométral, & cette ligne sur un plan perpendiculaire au même géométral & parallèle au tableau.

### P R O B L È M E.

*Trouver dans le tableau l'apparence du point M qui est sur le plan géométral.*

36. Du point M (Fig. 31.) il faut tirer une ligne perpendiculaire MI qui coupe la ligne de terre au point I, sur laquelle on prendra IC égale à MI; du point I on menera la ligne IP au point principal P, & du point C au point de distance D la ligne CD, qui coupera la ligne IP au point *m*, qui sera l'apparence du point M dans le tableau, ou le point dans lequel le rayon visuel OM le rencontre.

37. Pour démontrer que le point *m* est l'apparence du point M, il faut imaginer deux plans, le premier passe par OP & par MI, car deux lignes parallèles sont dans un même plan, & l'on peut imaginer qu'un même plan passe par l'une & par l'autre. Or les deux lignes OP MI sont horizontales & de plus perpendiculaires au tableau, donc elles sont parallèles; donc on peut imaginer un plan qui passe par l'une & par l'autre. Il est évident qu'il coupe le tableau dans la ligne IP, puisqu'il passe par les points IP; il passe aussi par les points M O, donc le rayon visuel MO est couché sur ce plan; donc le point *m* où ce

rayon traverse le tableau est sur  $IP$ . L'autre plan passe par les lignes  $MC DO$  qui sont aussi parallèles. Car les triangles  $MCI$ ,  $DPO$  dont elles sont les bases sont perpendiculaires au tableau étant horizontaux ; donc ils sont parallèles, donc les lignes  $MC OD$  sont sur deux plans parallèles : de plus les triangles  $MCI ODP$  sont isocèles,  $MI$  étant égale à  $IC$  &  $OP$  l'étant à  $DP$  ; les angles  $I$  &  $P$  des mêmes triangles sont aussi droits ; donc les angles  $MCI ODP$  sont chacun de  $45$  degrés, de même que les angles  $POD IMC$  ; donc les lignes  $MC OD$  sont également inclinées au tableau, puisqu'étant sur deux plans parallèles elles font des angles égaux avec ce plan. Donc elles sont parallèles ; donc on peut conduire un plan par ces deux lignes ; donc il passera par les quatre points  $C, M, D, O$  ; donc il passera par les points  $CD$  où il coupera le tableau ; & parce qu'il passe aussi par les points  $MO$ , il s'ensuit que le rayon visuel  $OM$  sera de même sur ce second plan, & rencontrera le tableau en quelque point de la ligne  $DC$  ; il le rencontre aussi en quelque point de la ligne  $IP$ , donc il le rencontre dans l'intersection  $m$  de ces deux lignes. Donc le point  $m$  est l'apparence du point  $M$  dans le tableau.

38. Pour trouver l'apparence du point  $N$ , on observera. 1°. Que l'apparence d'une ligne telle que  $MN$  perpendiculaire au plan géométral ou parallèle au tableau est une ligne droite  $mn$  parallèle à son objet  $MN$ . Car tous les rayons qui forment l'apparence  $mn$  sont dans le plan du triangle  $MNO$  ; or la section de ce plan & du tableau est une ligne droite, & parce que le plan du triangle  $MNO$  & le tableau sont perpendiculaires au plan géométral, il s'ensuit que la section  $mn$  qui est l'apparence de la ligne  $MN$  est aussi perpendiculaire au même plan & qu'elle est parallèle à l'objet  $MN$ . (Art. II. n. 2.) 2°. Il est évident qu'elle est comprise entre les rayons visuels  $MO NO$ , & que l'on a les deux triangles semblables  $OMN Omn$  ; donc  $MN, mn : NO, nO : (8. Géom.)$



Or si on conçoit que OP est prolongée jusqu'à ce qu'elle rencontre le plan parallèle au tableau sur lequel la ligne MN se trouve, & représenté par la ligne NS perpendiculaire à la même ligne OPS, & que du point P on tire Pn, on aura encore deux triangles semblables ONS OnP. ( 8. Géom. ) Car les angles en S & en P sont droits, & l'angle O est commun donc  $NO.nO::SO.PO$ , donc  $MN.mn::SO.PO$ , ( 14. Arith. ) c'est-à-dire que la ligne MN & son apparence mn sont proportionnelles aux distances SO & PO de l'œil au plan parallèle au tableau, sur lequel la ligne MN se trouve & au tableau. 3°. Si une ligne telle que MN étoit sur le plan géométral, parallèle au tableau & à la ligne de terre AB, son apparence seroit aussi parallèle à AB. Il est aisé d'appercevoir par ce qui vient d'être dit que cette ligne & son apparence seroient les bases de deux triangles semblables dont le sommet seroit au point O; ainsi la ligne supposée seroit parallèle à son apparence & parce que suivant la supposition, la même ligne est parallèle à la ligne AB, il s'ensuit que l'apparence sera aussi parallèle à la même AB. 4°. Toutes les lignes perpendiculaires au plan géométral, égales entr'elles, & également distantes du tableau ont des apparences égales. Cela est évident par la proportion  $MN.mn::SO.PO$ ; & les apparences m de leurs points M qui sont sur le plan géométral, sont également distantes de la ligne de terre AB; car tous les points M de ces lignes sont sur une même ligne parallèle à la ligne de terre AB, donc suivant la troisième remarque leurs apparences sont également distantes de AB ou sont sur une parallèle à AB.

## P R O B L È M E.

39. La ligne MN perpendiculaire au plan géométral & sa distance au tableau étant données, trouver son apparence mn. ( Fig. 32. )

AB est la ligne de terre du tableau sur lequel on travaille. HR l'horizontale. On élèvera la ligne MN perpendiculairement à AB, & la prolongeant jusqu'à ce qu'elle

rencontre l'horizontale HR au point S ; on prendra SP égale à sa distance au tableau, & OP égale à la distance du tableau à l'œil ; on menera les lignes MO. NO ; & tirant du point P la ligne  $Pmn$  parallèle à MN ou à MS ; la portion  $mn$  de la ligne  $Pm$  fera l'apparence cherchée. Car si on imagine que le triangle OMS devient perpendiculaire au tableau en tournant autour de la ligne  $Pm$ , la ligne MN ira se placer derrière fut un plan parallèle au tableau qui en sera distant de la longueur SP, & OS sera la distance de l'œil à ce plan, & PO sa distance au tableau. Cela posé, les triangles semblables OMN,  $Omn$  donnent  $MN.mn :: MO, mO$  ; & parceque MS  $mP$  sont parallèles on a encore la proportion  $MO.mO :: SO.PO$  ; donc  $mn$  est l'apparence de la ligne MN. Selon la 2<sup>e</sup> remarque du n. 38.

40. Il suit de-là & de la troisième & de la quatrième remarques du nombre 38 que s'il y a d'autres lignes perpendiculaires au plan géométral égales à MN, & autant distantes du tableau que cette ligne, elles auront leurs apparences entre les parallèles à la ligne de terre AB, tirées des points  $m, n$  ; c'est-à-dire qu'elles seront égales entr'elles & à  $mn$  & autant distantes de la ligne de terre AB. Cela posé pour trouver l'apparence de la ligne MN, il n'est pas nécessaire de s'assujettir à la construction précédente, on l'aura plus facilement en cette manière. La ligne MN (Fig. 32.) étant élevée perpendiculairement sur un point de la ligne de terre tel qu'on voudra le choisir, on tirera des extrémités MN des lignes à un même point  $g$  pris à volonté sur l'horizontale HR, & du point  $m$  qui est l'apparence du point M de la ligne MN, on menera  $ma$  parallèle à la ligne de terre & à l'horizontale, & du point  $a$  où elle rencontrera  $Mg$ , on menera  $ab$  parallèle à MN laquelle rencontrera  $Ng$  au point  $b$  & la même  $ab$  fera l'apparence de la ligne MN, de sorte que pour l'avoir au point  $m$  auquel elle répond, il suffira d'élever à ce point une perpendiculaire à AB égale à  $ab$ . On vient de voir que  $mn$  est l'apparence de la ligne MN, il faut donc démontrer que  $ab = mn$ . Les lignes OM  $gM$  sont coupées

coupées en parties proportionnelles par la paral. *ma* (7.G.) enforte que  $OM : Om :: gM . ga$ , or  $MN . mn :: OM . Om$ , & par une raison semblable  $gM . ga :: MN . ab$ , donc  $MN : mn :: MN . ab$ , (14. *Arih.*) donc  $ab = mn$ .

41. Il suit que le triangle  $MgN$  peut faire trouver toutes les apparences de la ligne  $MN$  supposé qu'il y ait d'autres points dans le tableau où il faille les élever. On les aura en menant de ces points des paralleles à la ligne de terre qui rencontrent  $gM$ , & tirant des points de rencontre des paralleles à  $MN$  qui coupent  $gN$ . Ainsi supposé que (Fig. 33.) l'on doive élever aux points *e, c; q, l, i, f* l'apparence de la ligne  $MN$ , on l'aura pour chaque point en menant de ce point une parallele à la ligne de terre  $AB$ , laquelle rencontre  $gM$ , & menant du point de rencontre une autre ligne parallele à  $MN$  qui rencontre  $gN$ , ce fera l'apparence de  $MN$  qu'il faudra élever au point proposé. Les raisons qui prouvent que le triangle  $MNg$  (Fig. 32.) détermine l'apparence de la ligne  $MN$  pour le point *m*, prouvent aussi qu'il doit la déterminer pour les autres points du tableau.

## P R O B L È M E.

*Mettre en perspective un corps terminé par des surfaces planes, par exemple, un prisme de figure exagone.* (F. 33.)

42.  $CEFILQ$  est l'exagone sur lequel le prisme est assis, un des côtés  $CQ$  & son opposé  $FI$  sont paralleles à la ligne de terre  $AB$ , & la ligne  $MN$  en est la hauteur. Le plan géométral  $GT$ , & le tableau  $ABK$  semblent être un même plan; mais il faut imaginer qu'il se fait un pli sur la ligne de terre, & que le tableau est élevé perpendiculairement au plan  $GT$  sur la ligne  $AB$ ; & pour la commodité on place la base  $CEFILQ$  en devant du tableau, mais pour concevoir sa vraie situation, il faut supposer que le pli se faisant toujours sur la ligne  $AB$ , cette base va se mettre derriere où elle fera autant éloignée de la ligne de terre & du tableau qu'elle l'est en devant.  $HR$

est la ligne horizontale, le point principal est en P, & le point de distance en D, ou O; c'est-à-dire que la ligne OP ou DP étant élevée perpendiculairement au tableau sur le point P, l'œil est à l'autre extrémité O, & que de la distance OP il voit le prisme assis sur sa base qui est, comme il vient d'être dit, derrière à la distance QS ou GX. Il n'est point nécessaire d'avertir que l'œil est élevé au-dessus du plan géométral, d'autant que la ligne horizontale l'est au dessus de la ligne de terre. Cela posé.

43. Il faut 1°. trouver l'apparence de chacun des six points CEFILQ qui sont les sommets des angles de l'exagone; on fera pour tous ce qu'on va faire pour un en particulier. Supposons qu'on veuille d'abord mettre le point Q en perspective ou en trouver l'apparence, on mènera de ce point une perpendiculaire QS à la ligne de terre, & on prendra sur cette ligne  $SV = SQ$ ; du point S on mènera SP au point principal P & du point V la ligne VD au point de distance D; & le point *q* où VD coupera SP sera l'apparence du point Q. On trouvera par une opération semblable l'apparence de chaque autre point, comme du point C en prenant XZ égale à la distance CX, & le point d'intersection *c* des lignes XP, ZD sera l'apparence du point C, ce qui est évident par le Problème du nombre 36. L'apparence de chaque point étant trouvée, on formera l'exagone perspectif *cefilq* en joignant les points par des lignes droites.

44. 2°. On élèvera en un point M de la ligne de terre une perpendiculaire MN égale à la hauteur du prisme, pour servir de base au triangle MNg dont le sommet *g* est sur la ligne horizontale HR; du sommet de chaque angle de l'exagone perspectif on mènera des lignes parallèles à la ligne de terre, lesquelles rencontrent *gM*, & des points de rencontre on tirera des parallèles à MN, qui couperont Ng, & l'on aura les apparences de la ligne MN ou des côtés du prisme; (selon le nombre 41.) de sorte que si on élève aux angles de l'exagone perspectif des perpendiculaires à la ligne de terre qui leur soient égales, &



qu'on joigne les extrémités par des lignes droites, on formera la base supérieure, & l'on aura une figure qui sera la perspective du prisme proposé, ou le prisme proposé tel qu'il paroît à l'œil distant du tableau de la longueur OP ou DP.

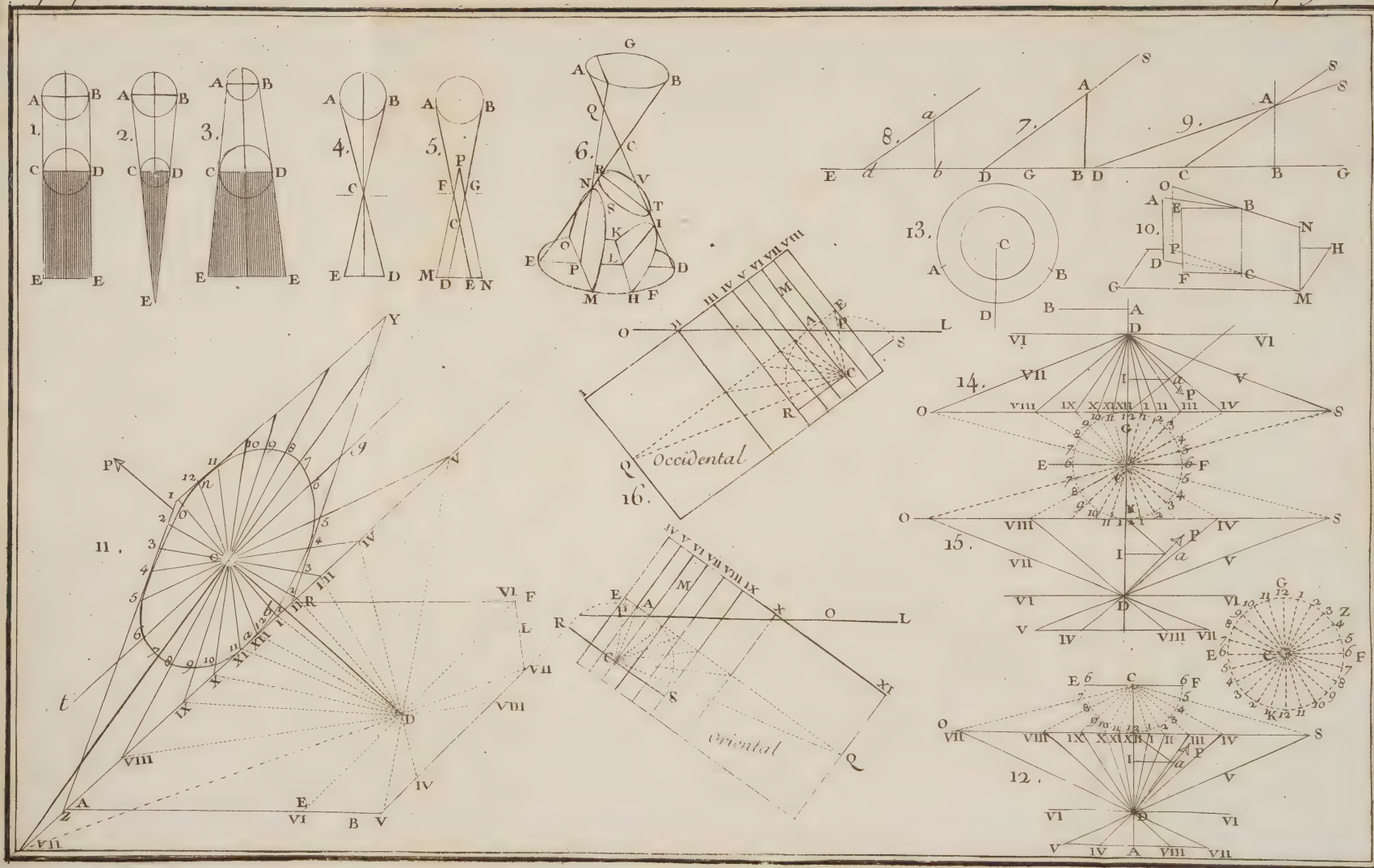
45. Si le corps proposé avoit du talud comme une pyramide tronquée, on inscrirait la moindre base dans la plus grande, & après avoir mis l'une & l'autre en perspective, on élèveroit aux angles de la moindre des perpendiculaires qui seroient les apparences de la hauteur, & tirant de leurs extrémités supérieures des lignes aux angles de la grande base mise aussi en perspective, on auroit le corps taludé. Si le corps proposé est creux comme un tuyau, il aura deux bases l'une intérieure, l'autre extérieure qu'on mettra aussi en perspective, & élevant aux angles tant de la base intérieure que de la base extérieure, des lignes qui soient les apparences de la hauteur, on aura mis le corps creux en perspective. Si c'est une pyramide entière dont on veuille avoir l'apparence, on mettra d'abord la base en perspective, on trouvera ensuite l'apparence de la hauteur, & menant de l'extrémité supérieure des lignes aux angles de la base, on achèvera de former la pyramide. Si la base du corps étoit terminée d'une ligne courbe pour la mettre en perspective, on chercheroit d'abord l'apparence d'un certain nombre de points qu'on joindroit ensuite par des arcs en adoucissant, afin de former dans le tableau la courbe proposée.

Il est aisé de juger après ce qui vient d'être dit de la perspective, que cet art peut être réduit à trouver dans le tableau l'apparence d'un point placé sur le plan géométral, & l'apparence d'un autre point en l'air qui lui répond perpendiculairement, c'est ce qu'on peut exécuter par les deux premiers Problèmes. On ne dira rien des ombres, du clair & de l'obscur, du fort & du foible, parce que ces choses sont plus du ressort de la perspective aérienne que de la perspective linéale.

*De la vision du mouvement.*

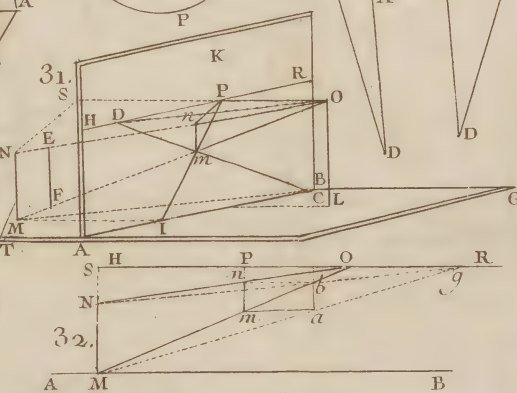
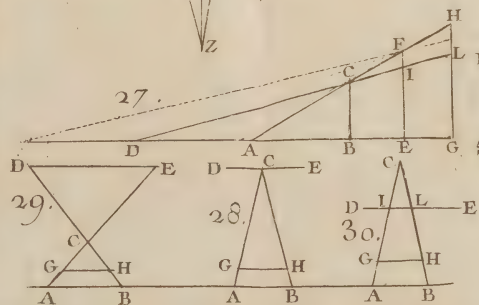
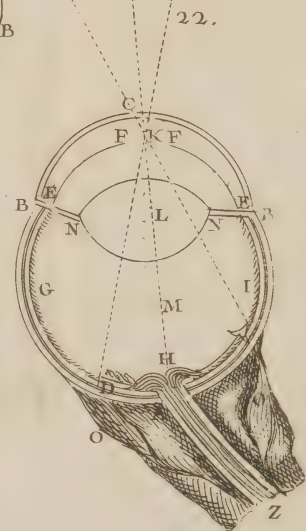
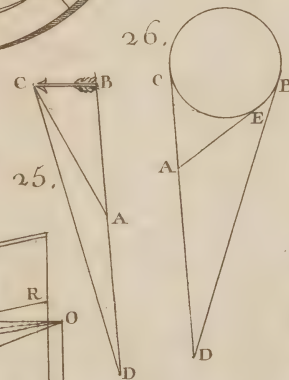
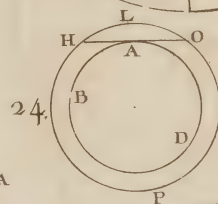
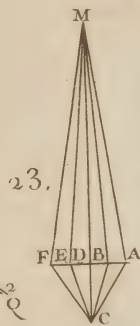
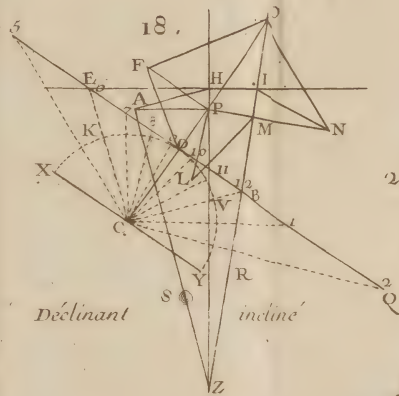
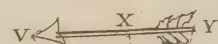
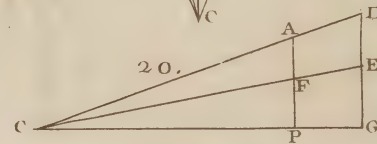
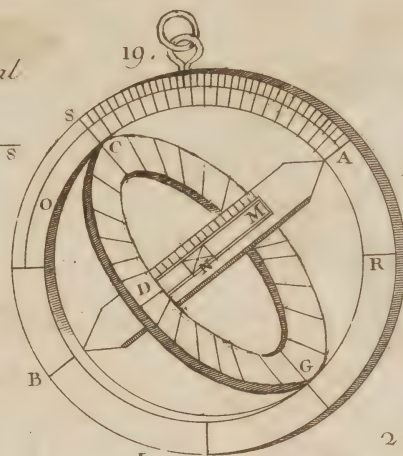
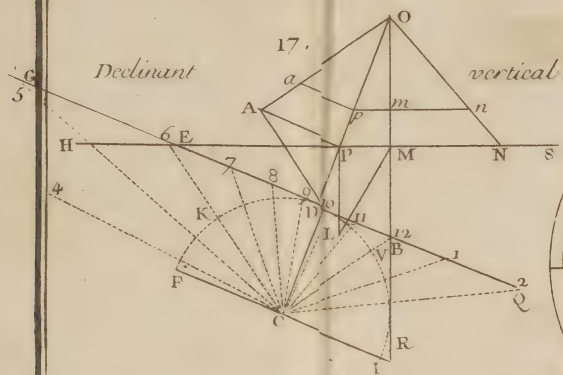
46. On juge que des corps se meuvent lorsqu'ils changent entr'eux de distance, leurs images qui se peignent sur la retine y changent de place, les rayons visuels ne viennent plus du même endroit, ils tombent sur d'autres filets du nerf optique, & l'œil rapportant les objets à d'autres points de l'horison ou du ciel, que l'on regarde sans y penser comme immobiles, il en naît une sensation de mouvement ou de déplacement à l'égard des points auxquels on les rapportoit auparavant; s'ils sont peu éloignés, l'œil est à portée de distinguer ceux qui se déplacent de ceux qui sont en repos; la chose devient plus difficile dans un grand éloignement, & souvent les choses sont tout autrement qu'elles ne semblent être.

47. Si un spectateur est lui-même en mouvement, les corps qui sont autour excitent en lui la même sensation que s'ils se mouvoient, & quoiqu'il sçache très-bien qu'ils sont en repos, il n'est point en son pouvoir de changer ce sentiment; s'il remonte par exemple la rivière sur un bateau, il verra le rivage descendre; s'il marche dans les rues, les maisons qui sont à droite & à gauche lui paroîtront aller en sens contraire, s'il se promène dans une allée les arbres lui sembleront fuir & se retirer par derriere; la raison en est qu'en marchant les images des objets se meuvent sur la retine de même que s'il étoit en repos & que les objets allaient du même côté qu'ils paroissent aller. Comme il sçait que cette apparence n'a pour fondement que son propre mouvement, il lui est aisé de la corriger & de se garantir de l'erreur; mais s'il ignore qu'il soit en mouvement, les objets du dehors ne laisseront pas d'agir toujours de même & d'ébranler le sens de la vûe comme s'ils se mouvoient effectivement: dans cette occasion le sentiment ou l'impression reçue sera plus trompeuse qu'elle ne pourra aider à découvrir la vérité. Ainsi de ce que les astres paroissent











tourner en 24 heures autour de la terre, ce n'est point une conséquence infaillible qu'ils tournent en effet, parce que la terre faisant une révolution sur elle-même, les hommes qui sont à la surface & qui suivent ce mouvement doivent être affectés par les astres supposés en repos, de même que s'ils tournoient autour de la terre immobile.

48. Si des corps vont d'un même côté avec une égale vitesse, & qu'un spectateur en remarque d'autres auprès qui soient en repos, il verra ceux-ci se mouvoir en sens contraires des précédens, car en suivant des yeux ceux qui sont en mouvement, ou en les tournant du côté vers lequel ils vont, les images de ceux qui sont en repos changeront nécessairement de place sur la retine, en sorte que si ceux qui sont mus vont vers la droite, leurs images seront mues sur la retine de la droite vers la gauche, & au contraire les images de ceux qui sont en repos décriront sur la retine un arc de la gauche vers la droite; donc ces corps paroîtront se mouvoir en sens contraire de ceux qui tendent vers la droite. Ce seroit la même chose s'ils étoient tous mus dans le même sens, mais avec des vitesses différentes, car ceux qui auroient une moindre vitesse seroient comme en repos à l'égard de ceux qui en auroient une plus grande, puisque ceux-ci s'en éloigneroient avec la différence des vitesses; donc ceux qui auront une moindre vitesse paroîtront aussi se mouvoir en sens contraire. Lorsque le ciel est couvert d'un brouillard ou de nuages assez rares pour laisser voir les astres à travers, on voit le Soleil ou la Lune & les étoiles emportés, suivant une direction diamétralement opposée à celle que les nuages ou les vapeurs suivent; car quoique les astres soient dans un repos sensible, cependant leurs images changent de place sur la retine, comme il vient d'être dit; c'est pourquoi ils doivent paroître se mouvoir en sens contraire des vapeurs ou des nuages: il arrive aussi que des nuages qui sont mus vers un même côté de l'horizon paroissent cependant tendre

vers des côtés opposés s'ils ont des vitesses inégales, par la raison que ceux qui ont une vitesse moindre sont comme en repos à l'égard de ceux qui en ont une plus grande.

49. Si un corps est mu sur une ligne droite qui passe par l'œil, son mouvement sera sensible pourvu que l'on puisse juger du changement de distance, car quoique l'image du mobile occupe toujours la même place sur la retine cependant il faudra que la figure de l'œil change pour que les différences des distances soient apperçues, ce qui fera juger que le corps supposé est en mouvement mais s'il est dans un éloignement si grand que les différentes distances ne puissent être comparées entr'elles, ni à une distance connue; l'objet dont il s'agit paroîtra en repos, car la figure de l'œil demeurera la même puisque les différences des distances ne peuvent point être apperçues; ainsi la figure de l'œil est la même lorsqu'on regarde les planetes & les étoiles, quoique les étoiles soient incomparablement plus éloignées; de plus l'image aura sur la retine la même place, puisque l'objet se meut sur une ligne qui passe perpendiculairement par la prunelle; donc il n'y aura rien qui avertisse l'ame qu'il est en mouvement, ainsi il paroîtra en repos.

#### *Des différences de la vûe.*

50. Jusqu'ici on a supposé que la vûe est dans le même degré de force dans tous les sujets, que l'organe y est disposé de la même maniere & dans une uniformité parfaite. L'expérience apprend cependant que la conformation de l'œil varie beaucoup. On peut réduire à trois classes toutes ces différences; une vûe est appelée *longue* lorsqu'elle voit distinctement les objets éloignés, & confusément ceux qui sont proches; une vûe au contraire est appelée *courte* lorsqu'elle distingue bien les objets proches, & ne voit que confusément ceux qui sont éloignés; une vûe ordinaire que l'on peut appeller *bonne*, voit clairement & distinctement les objets proches & les



éloignés, Chacune de ces trois classes a beaucoup d'étendue & divers degrés. Supposant que toutes les différences qui se rencontrent dans la vûe procèdent seulement de la différente configuration de l'œil, que d'ailleurs les humeurs sont en bon état, & que le nerf optique a tout le sentiment & la vie nécessaires pour bien faire ses fonctions, on pourra en découvrir les causes, & ensuite chercher les moyens de remédier à ce qu'il y a de défectueux dans chaque vûe.

51. Deux expériences dont on verra les raisons dans la dioptrique peuvent aider à faire cet examen. 1°. Si on reçoit sur un linge ou sur un papier blanc dans un lieu obscur, la lumière qui s'est rompue ou réfractée en traversant une loupe ou lentille de verre, elle y peint les objets du dehors renversés, & plus le verre est convexe plus il en faut approcher le linge ou le papier pour que les images soient distinctes. La seconde expérience se fait encore avec une lentille de verre, elle consiste en ce que plus les objets sont proches du verre, plus le linge ou le papier que l'on étend derrière à une certaine distance doit en être éloigné; si on veut que les objets s'y peignent distinctement; si au contraire les objets sont éloignés, pour avoir une peinture nette & bien terminée, il faudra approcher le linge qui la reçoit.

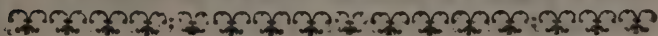
52. La loupe peut représenter par sa convexité & par sa transparence les trois humeurs de l'œil, mais principalement le cristallin dont elle imite la figure, & le linge sur quoi on reçoit la peinture, la rétine. Ces deux expériences peuvent faire connoître les changemens de figure qui arrivent à l'œil selon l'éloignement plus ou moins grand des objets qu'il regarde. S'il avoit une inflexibilité & une rigidité semblables à celle d'un verre convexe, tel que celui dont on se sert pour faire l'expérience dont il s'agit ici, il ne verroit distinctement que les objets dont l'éloignement seroit proportionné à sa convexité actuelle, & il ne verroit que confusément les objets plus proches ou plus éloignés, car la peinture qui

s'en feroit sur la retine feroit toute confuse ; mais puisqu'une bonne vûe voit clairement & distinctement les objets proches & éloignés, il faut que l'œil prenne différentes courbures, eu égard à l'éloignement. Selon la première expérience, plus un verre est convexe plus il approche l'image ou la peinture des objets ; donc si la courbure de l'œil est trop grande pour les objets éloignés les rayons de lumière peindront leurs images avant que d'arriver sur la retine ; donc si la courbure demeure la même, la peinture qui s'en fera ne sçauroit être que confuse, ainsi que la vision qui en résulte ; mais si l'œil s'applatit un peu, la réunion des rayons se fera à une plus grande distance, elle pourra donc se faire sur la retine, & alors la vision sera distincte. Au contraire si la courbure de l'œil n'est pas assez grande par rapport à la proximité des objets, les rayons qu'ils enverront seront encore divergens ou écartés les uns des autres en rencontrant la rétine ; c'est pourquoi la peinture qu'ils y formeront sera aussi confuse selon la seconde expérience ; mais si l'œil acquiert par l'action des muscles une plus grande courbure, la réunion des rayons se fera à une moindre distance, suivant la première expérience, elle pourra donc se faire sur la retine, & alors les images seront distinctes & l'œil verra distinctement les objets.

53. On peut conjecturer de là pourquoi une vûe longue ne voit distinctement que les objets éloignés, c'est parce que l'œil ayant peu de convexité, l'action des muscles n'a pas assez de force pour lui donner plus de courbure, ce qui seroit nécessaire lorsqu'il regarde des objets proches, car ils peignent leurs images à une plus grande distance ; donc afin de les approcher jusqu'à l'endroit de la retine, il faudroit que l'œil devint plus convexe conformément à la première expérience. Au contraire une vûe courte ne voit distinctement que les objets proches, parce que l'œil ayant une grande courbure, l'action des muscles ne la diminue pas autant qu'il faudroit pour voir les objets éloignés, car ces objets peignent leurs images à

une moindre distance, donc pour les éloigner & faire en sorte qu'elles fussent reçues sur la retine, il faudroit que l'œil perdît de sa courbure & qu'il s'appplatît, faute de quoi les objets éloignés paroissent confus.

54. On observe encore que ceux qui ont la vûe courte peuvent lire à une lumiere foible, ce que ne peuvent faire ceux qui l'ont longue. Supposons que pour une vûe longue il faille tenir le livre à une distance quatre fois plus grande, il est certain que la lumiere réfléchie par le livre tombant sur la prunelle sera 16 fois plus foible, & que si l'œil est à une distance quatre fois moindre, la prunelle recevra une lumiere 16 fois plus forte; ( Art. I. n. 10. 11. 12. ) par conséquent si la lumiere réfléchie par le livre suffit à peine à une vûe courte pour lire, elle sera insuffisante à une vûe longue, puisqu'après avoir traversé les humeurs de l'œil elle sera 16 fois plus foible. Ceux qui ont la vûe longue sont appellés communement *Presbites*, & ceux qui l'ont courte, *Myopes*.



## DE LA LUMIERE REFLECHIE

### *Ou la Catoptrique.*

IV. 1. **L**E mouvement de réflexion consiste en ce qu'un corps qui en choque un autre retourne en arriere après le choc. Une bale est poussée contre un mur, elle rebondit après l'avoir frappé, voilà ce qu'on appelle la réflexion de la bale. Les corps lumineux, comme le Soleil, un flambeau &c. lancent la lumiere tout autour, elle suit la direction ou la détermination qu'elle a reçue tant qu'elle ne trouve aucun obstacle. Mais si elle rencontre un milieu qu'elle ne puisse pénétrer, elle retourne & rentre dans le premier milieu, & c'est ce détour que l'on appelle la réflexion de la lumiere : si l'œil d'un spectateur se rencontre dans le cours de cette lumiere réfléchie, elle rendra visible le corps ou l'obstacle qui l'a renvoyée dans

le milieu qu'elle alloit quitter : ainsi tous les corps qui d'eux-mêmes sont destitués de lumière ne sont visibles que par une lumière empruntée. Les seuls corps lumineux qui sont un principe ou une source de lumière sont visibles par la lumière qu'ils envoient directement à l'œil. Une surface qui réfléchit la lumière peut être lisse & polie ou inégale & raboteuse ; si la surface réfléchissante est bien polie, les rayons de lumière sont réfléchis dans le même ordre qu'ils l'ont rencontrée ; c'est pourquoi si l'œil est placé dans le cours de cette lumière, il verra au-delà l'objet qui l'a renvoyée. Les surfaces qui ont cette propriété sont appelées *miroirs*. Les surfaces brutes & inégales réfléchissent la lumière sans aucun ordre, en sorte que les rayons qui viennent de différens points se mêlent ou se confondent par la réflexion, & entrant dans l'œil en cette confusion, y excitent seulement le sentiment ou la vision de la surface réfléchissante. Ce qu'on va dire de la lumière réfléchie a seulement rapport aux miroirs ou aux surfaces unies & polies. La partie de l'optique qui traite de la lumière réfléchie à la rencontre de ces surfaces est appelée *Catoptrique*.

2. Les miroirs sont de trois sortes, les miroirs plans, les miroirs concaves & les miroirs convexes. Il n'y a qu'une espèce de miroirs plans, mais il y a autant de différentes espèces de miroirs convexes & concaves qu'on peut former de surfaces courbes ; les plus ordinaires sont les miroirs sphériques. On représente un miroir plan par une ligne droite, & un miroir concave ou convexe par un arc.

3. Voici en général ce qu'il y a à considérer dans la lumière réfléchie. (*Fig. 34.*) La surface LL du miroir, l'objet AP qui y envoie de la lumière. Il suffira de considérer les rayons qui partent de l'extrémité A, ces rayons tels que AC, & AF sont appelés rayons incidens, & les lignes droites AC AF, suivant lesquelles la lumière rencontre le miroir, sont les lignes d'incidence ; & les points de rencontre CF points d'incidence ou de réflexion.



les lignes CB FO, suivant lesquelles les rayons incidens sont réfléchis, sont appellées lignes de réflexion. La ligne AGD tirée perpendiculairement du point radiant A au miroir LL est la perpendiculaire d'incidence. Si de quelque point des rayons réfléchies CB, FO on imagine des perpendiculaires à la surface LL, ce seront les perpendiculaires de réflexion. Les angles ACG, AFG sont les angles d'incidence, & les angles BCE, OFE sont les angles de réflexion; & CAG, FAG sont les complemens des angles d'incidence; & les lignes MN IK élevées perpendiculairement au miroir au points C F les perpendiculaires aux points d'incidence & de réflexion.

4. Il est évident que si on imagine un plan qui passe par les points ACB, ou AFO, il passera par les perpendiculaires d'incidence & de réflexion, qu'il sera perpendiculaire au miroir plan LL: ainsi un rayon incident & le rayon réfléchi qui lui répond sont dans un plan perpendiculaire au miroir & qui passe par le point d'incidence ou de réflexion.

5. Un miroir convexe ou concave peut être conçu comme composé de plusieurs miroirs plans qui auront entr'eux la même situation que les petits côtés de la courbe qui représente le miroir, & parce que ces côtés prolongés sont autant de tangentes, on détermine les angles d'incidence & de réflexion par rapport à ces lignes.

6. On supposera dans la suite comme un fait certain connu par l'expérience qu'un rayon ou un trait de lumière qui tombe sur une surface polie est réfléchi de façon que l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence. Pour en faire l'expérience on fait passer par un très-petit trou un rayon de lumière dans une chambre obscure, on le reçoit sur un miroir, & l'on vérifie en mesurant les angles que celui de réflexion est égal à celui d'incidence. Si la nature de la lumière étoit assez connue on pourroit en deduire la vérité du fait attesté par l'expérience, au défaut de cette connoissance, on a recours à l'hypothèse, on suppose que la lumière est composée de globules doués d'un

ressort parfait; or si un globe à ressort parfait choque une surface polie, la mécanique démontre qu'il est réfléchi de telle sorte que les lignes de réflexion & d'incidence font avec la surface choquée des angles égaux. ( pr. in-8° liv. III. 62. )

### *Des miroirs plans.*

7. Si un point radiant A ( Fig. 34. ) envoie sur le miroir plan LL des rayons de lumière tels que les rayons AC AF, les prolongemens des rayons réfléchis BC FO auront leur point de concours D sur la perpendiculaire d'incidence AGD, autant distant au-delà que le point radiant A l'est en deçà. Car l'angle BCE est égal à l'angle ACG, ( IV. 6. ) donc l'angle GCD étant égal à l'angle opposé BCE est aussi égal à l'angle ACG; or les angles en G sont droits ( selon l'hypothèse ) donc les deux triangles AGC, DGC ont tous leurs angles égaux, & le côté CG commun; donc ils sont égaux en tout; ( 20. Geom. ) donc  $GD = AG$ . On prouvera de la même manière pour le rayon réfléchi FO que son prolongement concourt au point D.

8. *Corol.* Puisque l'œil voit un objet dans l'endroit d'où les rayons de lumière qu'il envoie paroissent venir en dernier lieu, ( III. n. 8. ) il s'ensuit que s'il est placé dans le cours des rayons réfléchis CB, FO, il verra le point A en D autant au-delà du miroir que le même point A est en deçà. Ce qui est vrai de l'apparence du point A convient aussi à l'apparence de tout autre point de l'objet AP; c'est pourquoi si du point P on mène une perpendiculaire au miroir prolongée au-delà autant qu'il est nécessaire, on aura sur cette ligne l'apparence du point P en H, si les parties de la ligne PH comprises entre ces points & le miroir sont égales.

9. Puisque d'un point on ne peut mener qu'une perpendiculaire à une surface plane, il s'ensuit que chaque point d'un objet AP aura son apparence sur une perpendiculaire différente; donc l'apparence d'un point est dif-

linguée de l'apparence de tout autre point ; de plus ces points représentatifs sont dans le même ordre que les points qu'ils représentent , puisque chaque point & sa représentation sont sur une même perpendiculaire au miroir , & que d'ailleurs ces perpendiculaires sont parallèles , donc un miroir plan réfléchit la lumière dans le même ordre , & elle paroît venir d'autant de points qu'il y en a dans l'objet , lesquels sont situés entr'eux , & à l'égard du miroir précisément de la même manière que ceux de l'objet ; donc l'image ou la représentation qu'ils forment est parfaitement ressemblante à l'objet. Si on se regarde dans un miroir plan toutes les parties du corps paroîtront dans leur véritable situation , ainsi la main droite sera apperçue à la droite , & la main gauche à la gauche ; mais ce qui sera à la droite du spectateur sera à la gauche de l'image , car lorsque deux personnes sont en présence & qu'elles s'envisagent , la droite de l'un répond à la gauche de l'autre ; ainsi la droite d'un spectateur devient la gauche de l'image , c'est pourquoi s'il fait des gestes de la main droite , l'image paroîtra les faire de la gauche.

10. Si un miroir plan est incliné , les objets paroîtront inclinés du double. Supposons qu'un objet touche par son extrémité inférieure à un miroir incliné en arrière de 20 d. , l'extrémité supérieure aura son apparence 20 degrés au-delà du miroir ; mais le miroir s'éloigne de la verticale de 20 degrés , donc l'angle que l'image fait avec la verticale est de 40 degrés , & par conséquent double de l'inclinaison du miroir.

11. Si un miroir plan est incliné de 45 d. les objets droits paroîtront couchés sur l'horison. Car l'angle que l'image fait avec la verticale est double de l'inclinaison du miroir , il est donc de 90 degrés ; par conséquent si un objet est droit , son image paroîtra horizontale. Si le miroir est horizontal , les objets droits paroîtront renversés les pieds en haut & la tête en bas : car l'angle que le miroir fait avec la verticale étant droit , celui que l'image fait avec la même ligne doit être double ou égal à deux

droits ; c'est-à-dire que l'image se trouve sur la verticale ; mais dans une situation renversée , car le miroir s'éloigne de la verticale de 90 degrés , donc la représentation de la partie supérieure de l'objet , laquelle s'en éloigne du double doit en être distante de 180 deg. ou d'une demie circonférence ; par conséquent la représentation de la partie supérieure de l'objet est en bas , & celle de la partie inférieure en haut ; par conséquent l'image est renversée. Donc si un miroir plan étant droit on l'incline tout à coup , les images paroîtront parcourir en même tems un arc double. On peut donner à la lumière réfléchie par un miroir plan une grande rapidité de mouvement. Supposons que la lumière réfléchie à la rencontre d'un miroir plan s'étende à la distance de 100 pas , & qu'en tournant le miroir alternativement de la droite à la gauche & de la gauche à la droite , les points de sa surface décrivent des arcs de 90 deg. dans une seconde , l'image du Soleil & par conséquent la lumière réfléchie décrira en même tems un arc double , c'est-à-dire , une demie circonférence qui contiendra environ 300 pas ; c'est le chemin que la lumière réfléchie fera dans une seconde , en supposant que le rayon du cercle est égal à la corde de l'arc de 60 deg. & que cet arc & sa corde sont à peu près égaux : si la lumière réfléchie est portée à une distance double , elle décrira dans une seconde au arc de 600 pas ; & parce que la lumière directe du Soleil est extrêmement vive , & qu'étant réfléchie elle conserve la plus grande partie de sa force , il n'y a aucun doute que si elle passe & repasse sur la prunelle avec toute la vitesse que le mouvement du miroir lui donne , elle ne soit capable de l'offenser , de détruire l'organe à diverses reprises , & enfin d'aveugler.

12. Plus l'œil s'approche d'un miroir plan plus il y voit d'objets , ou plus la partie qu'il y découvre d'un même objet est grande. LL ( *Fig. 35.* ) est le miroir , AP l'objet , & l'œil se trouve successivement en E O B. L'image ou la représentation de l'objet AP sera vûe sur une parallèle DH autant au-delà du miroir que l'objet AP en est



éloigné en-deçà , & la partie visible sera comprise entre les prolongemens des rayons réfléchis par les extrémités du miroir vers l'œil en  $E O B$  : or la partie  $SV$  comprise entre les prolongemens  $GVFS$  des rayons réfléchis  $GEFE$ , est plus grande que la partie  $DH$  comprise entre  $GD, FH$  qui sont les prolongemens des rayons réfléchis  $GOFO$ , & cette partie est encore plus grande que la partie  $MN$  comprise entre les prolongemens des rayons réfléchis  $GBFB$ . donc, &c.

13. Si le l'œil  $O$  est autant distant du miroir que l'objet  $AP$ , & que la hauteur  $GF$  du miroir soit la moitié de celle de l'objet, il'y verra tout entier. Car la partie visible  $DH$  est deux fois plus distante de l'œil que le miroir, ( IV. n. 7. ) par conséquent  $DH$  est double de  $GF$  ( 8. Géom. ) or ( hypoth. )  $AP$  est aussi double de  $GF$ , donc  $DH$  est égale à  $AP$ ; par conséquent l'œil en  $O$  voit tout l'objet en regardant le miroir  $GF$  dont la hauteur est seulement la moitié de celle de l'objet  $AP$ . Si l'œil s'approche d'avantage du miroir, il pourra voir une hauteur plus grande que  $AP$ , mais s'il s'en éloigne encore, la hauteur visible au-delà du miroir sera moindre que  $AP$ . C'est pourquoi si la distance de l'œil au miroir étant donnée, on veut voir l'objet  $AP$  tout entier, il faut déterminer sa distance au miroir par cette proportion. La hauteur du miroir est à la hauteur de l'objet ou de l'image, comme la distance de l'œil au miroir est à la distance de l'œil à l'image; cette dernière distance étant déterminée on en retranchera la distance de l'œil au miroir, & le reste sera la distance où il faut placer l'objet pour le voir tout entier du lieu où l'on suppose que l'œil est arrêté. Supposons; par exemple, que la hauteur du miroir est le quart de la hauteur de l'objet, elle sera aussi le quart de la hauteur de l'image, puisque l'image n'est ni moindre ni plus grande que l'objet; supposons encore que la distance de l'œil au miroir est double de la hauteur du miroir, elle sera le quart de sa distance à l'image suivant la proportion précédente, & l'on aura  $1.4::2.8$ . Ainsi la distance de l'œil à l'ima-

ge sera égale à 8 fois la hauteur du miroir ; si de la distance 8 on retranche la distance 2 , le reste 6 sera la distance de l'image au miroir : or celle de l'objet au miroir est égale à celle de l'image , donc si on place l'objet à une distance égale à 6 fois la hauteur d'un miroir , l'œil l'apercevra en entier de la distance supposée , car comme la distance 2 de l'œil au miroir est le quart de sa distance 8 à l'image , ainsi la hauteur 1 du miroir est le quart de la hauteur 4 de l'image ou de son objet.

14. Une des utilités du miroir plan est de servir à mesurer une hauteur accessible , par exemple , la hauteur AE du pied de laquelle on peut approcher. ( *Fig. 36.* ) On place un miroir plan LL horizontalement & on s'en éloigne jusqu'à ce que l'on y voye l'extrémité E de la hauteur proposée AE , pour lors les rayons incident EB & réfléchi BD forment avec le plan horizontal AC des angles égaux , & l'on a les triangles semblables ABE CBD , de sorte que les distances CB , AB & la hauteur DC étant mesurées on aura cette proportion  $CB . AB :: DC . AE$ . Les trois premiers termes étant connus , le quatrième le sera par leur moyen. ( 10. *Arith.* )

*Les effets de deux ou de plusieurs miroirs plans joints ensemble.*

15. Si on joint deux miroirs plans LL , BG ( *Fig. 37.* ) à angles droits , un objet A qui sera mû le long de la ligne DC parallèle à l'un des miroirs , par exemple , au miroir GB paroîtra aller en même tems vers des côtés opposés. Car en s'éloignant du miroir LL son image ou sa ressemblance paroîtra s'en éloigner de tout autant , & parce que la ligne DC sur laquelle il se meut est parallèle au miroir GB , son image y sera toujours vûe au-delà à la même distance , mais elle aura un mouvement apparent tout semblable à celui de l'objet ; c'est-à-dire qu'elle paroîtra se mouvoir parallèlement à DC , de D vers C , ou s'éloigner du miroir LL ; les deux images paroîtront donc s'éloigner de ce miroir , l'une au-delà , l'autre en deçà , & aller par conséquent vers des côtés opposés.

16. Si on joint plusieurs miroirs AB, BC, CD, DE (Fig. 38.) faisant entr'eux des angles égaux ou inégaux, un même objet paroîtra avoir des mouvemens divers selon qu'il s'en approchera ou s'en éloignera.

17. Si l'œil est placé entre deux miroirs plans GB, GL (Fig. 39.) qui font l'angle aigu BGL, l'objet A fera vû plusieurs fois par réflexion dans les deux miroirs.

1°. L'objet A sera vû sur la perpendiculaire AND, & son image D sera autant distante au-delà qu'il l'est en deçà ; & si l'œil est placé au point O, il sera vû au moyen du rayon réfléchi MO dont le prolongement est MD, & qui a pour rayon incident AM. (IV. n. 7.) 2°. Le miroir GB réfléchissant de tous les points de sa surface les rayons qu'il reçoit du point radiant A, si on tire du point D, DHF perpendiculaire au miroir GL, ce sera l'axe de la pyramide de lumière dont les rayons réfléchis par le miroir GB paroissent venir de la première image D, & fera par conséquent à son égard la perpendiculaire d'incidence, de même que AD l'est à l'égard du point radiant A ; donc si on prend HF égale à DH, l'image D considérée comme objet sera vûe en F au moyen du rayon réfléchi OS dont le prolongement est SF, & dont le rayon incident est sur la ligne DS. 3°. Si du point F on mène FCE perpendiculaire au miroir GB, ce sera l'axe de la pyramide de lumière composée des rayons réfléchis par le miroir GL & qui paroissent venir de l'image F, où la perpendiculaire d'incidence DHF se termine, en considérant cette image comme objet ; donc si on prend CE égale à CF, elle sera vûe en E, & si de ce point on tire EO qui rencontre le miroir GB en R, ce sera au moyen du rayon réfléchi RO dont le prolongement est RE, & qui a pour rayon incident celui qui est sur la ligne FR ou NR. L'image E est aussi comme un objet qui envoie de la lumière sur le miroir BG, & on déterminera le lieu de son image, de même qu'on la détermine pour les images vûes en D, F, E. Par conséquent l'objet A est vû plusieurs fois par réflexion dans les miroirs GB GL qui font l'angle aigu GBL.

18. Il est évident que plus les miroirs auront de hauteur & plus l'angle BGL fera aigu, plus il y aura de réflexions ou de perpendiculaires d'incidence, par conséquent plus l'œil en O verra d'images. Si l'angle BGL est infiniment aigu, ou ce qui est la même chose, si les miroirs GB GL (Fig. 40.) sont parallèles, toutes les perpendiculaires d'incidence seront sur une même ligne perpendiculaire aux deux miroirs, tirée par le point radiant A ; (IV. n. 7.) & parce que cette ligne peut être prolongée à l'infini de part & d'autre, il s'ensuit que l'œil en O y verra une infinité d'images de l'objet A ; car une image qu'il verra au-delà d'un miroir se représentera au-delà de l'autre, & cette dernière image se représentera de même & ainsi à l'infini. Toutes ces images que l'œil verra sur la même perpendiculaire d'incidence à la suite les unes des autres iront en diminuant, par la même raison que les grandeurs apparentes des objets diminuent à mesure que l'éloignement augmente, & parce qu'à chaque réflexion la force de la lumière diminue, les dernières images seront moindres & moins vives, la clarté diminuant toujours les images se confondent & la vûe se perd dans un enfoncement obscur. On détermine le lieu de chaque image de même que si les miroirs faisoient un angle fini : ainsi on aura le lieu D de la première image en prenant  $DN=NA$ , on aura aussi le lieu de la seconde en prenant  $LF=DL$ , le lieu de la troisième en prenant  $NE=NF$  & l'œil en O les verra au moyen des rayons réfléchis BO, HO, PO, CO.

*Des miroirs convexes & concaves.*

19. Les miroirs convexes les plus ordinaires sont le sphérique, le cylindrique, le pyramidal & le conique qui est une espece de miroir pyramidal, comme le cone est une espece de pyramide. Les miroirs concaves les plus en usage sont le sphérique le parabolique, l'elliptique, & l'hyperbolique. Tous ces miroirs défigurent les images des objets, il n'y que le miroir plan qui les fait voir dans le



naturel. Les miroirs parabolique, élliptique & hyperbolique ont une propriété qui les rend de quelque service, c'est que ce sont des instrumens qui réfléchissent la lumière d'une bougie ou d'un flambeau toute dans le même sens, en sorte qu'on peut la mettre toute à profit, sans craindre qu'une multitude de fausses réflexions en éteigne la plus grande partie, comme cela arrive dans les lanternes ordinaires. Les miroirs cylindriques, pyramidaux ou coniques ne sont que pour la simple curiosité en ce que des objets très-irréguliers en eux-mêmes y paroissent difformes, & qu'au contraire s'ils ont certaines difformités soit naturelles soit artificielles, elles peuvent disparoître lorsqu'on les regarde dans ces miroirs. Il y a des regles pour tracer sur de la toile ou du papier des figures qui n'étant aucunement ressemblantes aux objets qu'on a voulu peindre, sont néanmoins paroître dans ces miroirs des images regulieres & entièrement semblables aux mêmes objets. On ne dira rien de plus de ces miroirs, ce qui suit a principalement rapport aux miroirs sphériques, on fera ensuite remarquer d'une maniere particuliere les propriétés & les effets des miroirs parabolique, élliptique & hyperbolique.

### *Des miroirs spheriques.*

20. Les miroirs spheriques, convexes & concaves ont des propriétés communes qu'on va exposer en peu de mots,

1°. Un miroir spherique est représenté par un arc de cercle, comme il a été dit; & cet arc étant supposé un polygone d'une infinité de côtés, les prolongemens qui en sont les tangentes représentent les plans d'incidence ou les miroirs plans dont les miroirs spheriques sont composés. De sorte qu'un rayon incident & le rayon réfléchi correspondant sont des angles égaux avec ces plans, donc ils sont aussi des angles égaux avec la perpendiculaire au point d'incidence, car ces angles sont les complemens des angles d'incidence & de réflexion lesquels sont égaux. Les demi diamètres de la surface spherique soit convexe soit concave tirés aux points

de contingence font les perpendiculaires dont il s'agit. L'inflexion des rayons de lumiere à la rencontre des miroirs spheriques convexes & concaves se démontre de la même maniere, c'est poutquoi une même figure peut servir pour ces deux sortes de miroirs en supposant que les rayons incidens viennent de côtés opposés. Si un rayon de lumiere AG ou *aG* (*Fig. 41.*) tombe perpendiculairement sur une surface spherique convexe ou concave, en sorte qu'il fasse avec la tangente LL au point d'incidence G des angles droits, ou ce qui est la même chose, qu'il passe prolongé ou non par le centre C de la surface spherique, il est réfléchi sur lui-même, c'est-à-dire que le rayon incident & le rayon réfléchi sont sur la même ligne. Un tel rayon est appelé l'axe. Si le point d'où un tel rayon incident vient est à une distance infinie, les autres rayons qui en viennent lui sont paralleles, c'est-à-dire qu'ils le sont à l'axe; mais si ce point est à une distance finie, ils sont des angles finis avec le même axe. Entre les rayons incidens qui viennent d'un point radiant, il y en a un qui étant prolongé passeroit par le centre, & qui est par conséquent l'axe; ainsi les rayons qui viennent d'un même point ont toujours un axe. Entre les rayons paralleles il n'y en a qu'un qui étant prolongé passeroit par le centre, & est perpendiculaire à la tangente au point de contingence G, comme le rayon AG ou *aG*; les autres rayons tels que DE ou *dE* sont obliques aux tangentes correspondantes telles que *lEl*; c'est pourquoi pour avoir la situation du rayon réfléchi, il faut faire l'angle de réflexion *FEI*, ou *BEI* égal à l'angle d'incidence *dEl* ou *DEI*, ou bien les angles CEF, BEH égaux aux angles *dEC*, DEH qui sont les complemens des angles d'incidence, le point C étant le centre de la surface spherique convexe ou concave, & CEH la perpendiculaire au point d'incidence E.

21. Les rayons *dE* ou DE paralleles à l'axe GA, & qui en sont très-proches étant réfléchis suivant EF ou EB ont leur point de concours ou de divergence F sur le même axe, distant du miroir du quart du diamètre ou de

la moitié du demi diamètre de la surface sphérique. Car l'angle FEC ou HEB formé par le rayon réfléchi EF ou EB prolongé en F & la perpendiculaire CEH est égal à l'angle DEC ou DEH formé par la même perpendiculaire CEH & le rayon incident dE ou DE; (IV. n. 6.) or l'angle DEC ou DEH est égal à l'angle ECF; (27. G.) donc le triangle FCE est isoscele; donc le côté CF est égal au côté FE; (6. G.) mais on suppose que le rayon incident dE ou DE est très-près de l'axe, ou que l'arc EG est extrêmement petit, donc l'angle ECG qui est mesuré par cet arc est aussi extrêmement petit, ou ce qui est la même chose, l'angle CFE est presque égal à deux droits, & les côtés CF, FE se confondent quasi avec le grand côté CE; donc chacun en est la moitié, ou la moitié du demi diamètre CG qui est égal à CE; donc le point de concours ou de divergence F des rayons réfléchis EF ou EB prolongés en F est sur l'axe aGA distant du miroir du quart du diamètre ou de la moitié du demi diamètre de la surface sphérique.

22. Plus les rayons incidens dE ou DE (Fig. 42.) auront leur point d'incidence E éloigné du point G où l'axe rencontre le miroir sphérique, plus le point de concours F sera éloigné du centre C & proche du miroir, enforte que si l'arc GE est de 60 deg., le rayon réfléchi FE ou BE prolongé en F concourra sur l'axe au point G. Car on vient de voir que dans le triangle CFE la portion CF de l'axe comprise entre le centre C & le point de concours F est égale à FE, ou que le triangle CFE est isoscele, donc les angles sur la base CE sont égaux: (6. Géom.) or l'angle C est de 60 deg., donc l'angle FEC est pareillement de 60 deg.; donc le triangle CFE ayant ses trois angles chacun de 60 deg. est équilateral, & par conséquent  $CF=CE=CG$  donc  $CF=CG$ .

23. Si le point d'incidence M du rayon incident nM NM est éloigné du point G de 45 degrés, le rayon réfléchi MS ou MR prolongé fera perpendiculaire à l'axe aGA. Car les deux angles CMS SCM seront chacun

45 deg. ; & pris ensemble vaudront un angle droit, puis-que le triangle CSM est isoscele , par conséquent CSM fera un angle droit. ( 5. *Géom.* ) Il est évident par là que plus les rayons incidens paralleles à l'axe ont leur point d'incidence éloigné du point G , plus leur point de concours ou de divergence avec le même axe est proche de ce point G ; d'où il suit que les rayons réfléchis concourent avant que de rencontrer l'axe ; ainsi les rayons réfléchis MS EF , ou MR EB prolongés concourent en un point Z avant que de rencontrer l'axe en S & F.

24. Suivant ce qui a été dit du lieu de l'image d'un point radiant ou d'un objet exposé au devant d'un miroir plan, sçavoir, qu'elle paroît dans l'endroit d'où les rayons réfléchis à l'œil paroissent venir en dernier ; on peut conclure que dans le cas du parallelisme des rayons incidens, si l'œil est dans l'axe il verra le point radiant ou son image à la distance du miroir du quart du diamètre ; car on vient de voir que les rayons incidens qui en viennent & qui sont très-proches de l'axe étant réfléchis ont leur point de concours ou de divergence sur le même axe à la distance du miroir du quart du diamètre de la surface spherique. Mais si l'œil est hors de l'axe les rayons réfléchis auront leurs points de réflexion à une certaine distance du point G , & ils concourront en un point Z avant de rencontrer l'axe ; c'est pourquoi l'image du point radiant paroîtra hors de l'axe , & elle en fera d'autant plus éloignée que les rayons réfléchis auront leurs points de réflexion éloignés du point G ou l'axe traverse le miroir.

25. Il suit de-là que le point radiant demeurant à la même distance d'un miroir spherique , son image peut paroître en plusieurs endroits selon la situation de l'œil ; & c'est là une des différences qui se trouve entre ce miroir & le miroir plan , car quelle que soit la situation de l'œil à l'égard d'un miroir plan , il voit toujours le point radiant ou son image dans le même endroit , parce que les rayons incidens étant réfléchis ont leur point de concours ou de divergence en un même point , au lieu que les rayons pa-



rales qui tombent sur une surface sphérique, convexe ou concave sont réfléchis de telle sorte qu'ils concourent entr'eux & avec l'axe en différens points.

26. Si le point radiant est à une distance finie, en sorte que les rayons de la pyramide de lumière qui en vient, & qui a pour base le miroir, fassent entr'eux des angles finis, ce sera la même chose, c'est-à-dire que si l'œil est dans l'axe de cette pyramide ou dans le rayon qui passeroit par le centre de la surface sphérique, le point radiant paroîtra aussi sur le même axe, mais si l'œil est hors de cet axe, le point de concours ou de divergence des rayons réfléchis qui entreront dans la prunelle sera à quelque distance de l'axe, & c'est-là que l'image du point radiant paroîtra.

Comme la prunelle a quelque ouverture, on peut supposer qu'elle embrasse les axes d'un certain nombre de pyramides de lumière; & pour lors les points radiants qui la lancent ou qui la réfléchissent seront vûs sur ces axes, mais les autres points de l'objet seront vûs hors des axes correspondans. Cependant comme l'arc qui mesure l'étendue ou la largeur des miroirs sphériques n'excède pas ordinairement 20 ou 30 deg., il s'ensuit que l'écart des points d'incidence à l'égard du point G ou l'axe rencontre le miroir ne sera pas considérable, ainsi les rayons réfléchis auront leurs points de concours ou de divergence fort près de l'axe, & assez près pour qu'on puisse supposer sans grande erreur qu'ils sont sur l'axe même; c'est pourquoi on supposera dans la suite que l'image est vûe entre les axes qui partent des extrémités de l'objet. Cette supposition & celle que l'œil est dans quelqu'un des axes qui partent de l'objet serviront à déterminer le lieu de l'image ou sa distance au miroir & l'étendue ou l'espace qu'elle occupe. Ce qu'on va dire de ce lieu dans la supposition que l'œil est dans quelqu'un des axes pourra faire juger de l'endroit où il la voit lorsqu'il n'est dans aucun.

*Les effets & les propriétés du miroir sphérique  
convexe.*

27. 1°. Les objets qui sont à une distance infinie sont vus au-delà du miroir à la distance d'un quart du diamètre de la convexité. Car les rayons qui partent de chaque point radiant sont parallèles entr'eux, & ceux qui sont proches de l'axe étant réfléchis ont leur point de concours avec le même axe distant de la surface sphérique du quart du diamètre de la convexité ; de plus on suppose que l'œil est dans le cours de ces rayons réfléchis ; donc ce sont ces rayons réfléchis qui excitent la vision de l'objet ou de son image : or c'est dans l'endroit de leur concours qu'ils la font paroître, par conséquent si l'œil est dans quelqu'un des axes l'objet supposé à une distance infinie paroîtra au-delà du miroir à la distance du quart du demi diamètre de la convexité. Ainsi les astres, comme le Soleil, les étoiles, les planetes & même la Lune paroissent à cette distance lorsqu'on leur expose un miroir sphérique convexe. Car la distance qu'il y a d'ici à ces objets est comme infinie par rapport à la grandeur du miroir : les objets terrestres fort éloignés sont aussi vus à cette distance, parce qu'à cause de l'éloignement les rayons qui partent d'un même point sont sensiblement parallèles.

28. 2°. Le miroir sphérique convexe fait paroître les objets plus petits qu'ils ne paroissent à la vûe simple ou avec un miroir plan. Car l'image est comprise entre les deux axes qui partent des extrémités de l'objet : or ces axes prolongés passeroient par le centre de la convexité du miroir & y feroient un angle qui auroit deux bases ; sçavoir, le diamètre de l'objet & le diamètre de l'image ; & puisque c'est l'image qui est plus proche du centre ou du sommet de l'angle, il s'ensuit qu'elle est moindre que l'objet ; donc le miroir sphérique convexe diminue l'apparence des objets.

29. 3°. Les images des objets prennent la courbure ou la convexité du miroir. Car chaque point radiant est vû

sur l'axe qui lui correspond, & son lieu apparent est éloigné du miroir du quart du diamètre de la convexité; or si on imagine des lignes tirées de tous les points de l'objet au centre de la surface sphérique, & qu'après avoir divisé chaque demi diamètre, ou la partie comprise entre le miroir & le centre, on joigne tous les points de division, il est clair qu'on tracera un arc semblable à la convexité du miroir, & que cet arc sera la représentation de l'objet, donc &c. D'où l'on voit que plus le miroir sera convexe plus l'image sera petite & moins ressemblante.

30. 4°. Si on place un fil sur un des axes ou sur une des lignes qui passent par le centre, son apparence sera une ligne droite, car tous les points de ce fil seront vus sur le même axe, & formeront par conséquent une ligne droite; mais si le fil ainsi tendu en ligne droite n'est point perpendiculaire à la surface sphérique, son apparence sera courbe comme il vient d'être dit, ce qui paroîtra encore plus évident par ce qui suit.

Si l'objet est assez près du miroir pour que les rayons qui partent d'un point A (*Fig. 43.*) soient sensiblement divergens, ou fassent entr'eux des angles d'une grandeur déterminée, on aura sur l'axe AGC le point de divergence des rayons réfléchis, si après avoir divisé le demi diamètre CG en deux parties égales au point F qui est le lieu de l'image lorsque le point radiant est à une distance infinie, on trouve une troisième proportionnelle à FA & FG; savoir Ff, en sorte que l'on ait cette proportion  $FA.FG::FG.Ff$ .

Il faut donc prouver que le rayon incident AE, & les autres qui en sont très-proches étant réfléchis suivant EO, leurs prolongemens Ef concourent avec l'axe AGC en un point f qu'on trouve par la proportion indiquée. Du point E il faut mener ED parallèle à l'axe AGC, elle représentera un rayon incident, supposé que le point radiant fût à une distance infinie; & son rayon réfléchi EB étant prolongé jusqu'à l'axe, le couperoit au point F qui divise en deux parties égales le demi diamètre CG. Cela

posé, les angles DEH, BEH que le rayon incident DE ; & le rayon réfléchi EB feroient avec la perpendiculaire CEH feroient égaux ; (IV. n. 6. Les angles AEH OEH que le rayon incident AE, & le rayon réfléchi EO font avec la même perpendiculaire font aussi égaux ; donc si on en retranche les deux autres, les restes BEO DEA seront aussi égaux : or l'angle DEA est égal à l'angle EAF, ( 27. Géom. ) donc l'angle BEO, ou son opposé au sommet FE est égal à l'angle EAF, de plus les triangles EFf, AFE ont l'angle F qui leur est commun, donc les deux triangles sont semblables ; ( 8, Géom. ) donc ils donnent cette proportion  $FA.FE :: FE.Ff$  : mais si on suppose que les rayons incidens AE sont très-proches de l'axe AGC la ligne FE sera très-sensiblement égale à FG donc on aura  $FA.FG :: FG.Ff$ . Ce qu'il falloit démontrer.

31. Cette proportion démontre que si le point radiant A s'éloigne du miroir, FA augmentant par rapport à FG, FG augmentera par rapport à Ff ; or FG en elle-même conserve la même grandeur, donc si elle augmente par rapport à Ff, il faut que celle-ci diminue, par conséquent le point de divergence f des rayons réfléchis EO s'éloigne du miroir vers le point F à mesure que le point radiant A parvient à de plus grandes distances, & le point f se confond enfin avec le point F, lorsque le point radiant A est à une distance infinie, car pour lors FA est infinie par rapport à FG, donc FG est aussi infinie par rapport à Ff. Si au contraire le point radiant A s'approche du miroir, FA diminuera par rapport à FG, donc FG diminuera par rapport à Ff, ou ce qui est la même chose, Ff augmentera, & lorsque le point A touchera le miroir & qu'il se confondra avec le point G où l'axe le traverse, pour lors FA sera égale à FG ; donc FG sera égale à Ff ; ainsi lorsque le point radiant touche le miroir dans la convexité, l'image le touche du côté de la concavité.

32. Toute l'espace que l'image peut parcourir en s'ap-



prochant & en s'éloignant du miroir, est égale au quart du diamètre de la convexité, car lorsque l'objet est à une distance infinie, l'image est éloignée du miroir d'un quart du diamètre de la convexité, & lorsqu'il s'en approche l'image s'approche de même, & pendant que l'objet parcourt l'intervalle infini qui est entre lui & le miroir, l'image ne parcourt que le quart du diamètre de la convexité, en sorte qu'au moment que l'objet touche le miroir, l'image le touche aussi; donc toute l'espace qu'elle peut parcourir est seulement égal au quart du diamètre de la convexité.

33. Selon la proportion  $FA.FG :: FG.Ff$  l'objet ne doit point paroître hors du miroir si l'œil est dans l'axe ou dans les axes de la radiation ou des rayons incidens, puisqu'elle s'approche du miroir avec l'objet, & qu'elle ne le touche qu'au moment que l'objet le touche aussi; cependant M. Wolf rapporte une expérience par laquelle il s'est convaincu que l'objet peut paroître hors du miroir sphérique convexe, lorsque l'œil est hors des axes de la radiation, & qu'il le voit au moyen des rayons réfléchis les plus obliques.

34. Si on place un fil en ligne droite sur un des axes de la radiation & qu'il touche le miroir à une de ses extrémités, son apparence fera aussi sur l'axe, comme il a été dit, & fera une ligne droite; or quelque longueur qu'on donne au fil, quand même elle seroit infinie, l'apparence n'occupera sur l'axe que le quart du diamètre de la convexité; car le point qui touche le miroir aura son apparence en ce point là même, & le point qui sera à une distance infinie, aura son image entre le centre & le miroir éloignée de l'un & de l'autre du quart du diamètre; donc toute l'apparence du fil sera comprise entre le miroir & le point qui divise le demi diamètre de la convexité en deux parties égales; elle occupera donc le quart du diamètre, c'est-à-dire toute l'espace que l'image d'un point radiant peut parcourir durant le tems que ce point parcourt un espace infini soit en s'approchant, soit en s'éloignant du miroir.

35. Ce qu'on a dit de la diminution & de la courbure des images lorsque l'objet IK est à une distance infinie, a lieu aussi lorsqu'il est à une distance finie, & que les rayons incidens qui partent d'un même point sont sensiblement divergens.

*Les effets & les propriétés du miroir sphérique concave.*

36. 1°. On a prouvé que les rayons de lumière qui partent d'un point radiant fort éloigné, ou dont la distance est comme infinie par rapport au diamètre d'un miroir concave, étant réfléchis ont leur concours sur l'axe au point qui divise en deux parties égales le demi diamètre de la surface sphérique, en sorte qu'il est également distant du centre & du miroir; & parce que ce qui convient aux rayons qui partent d'un point, convient aux rayons qui partent des autres points de l'objet supposé, il s'ensuit que l'image ou l'apparence sera formée par l'assemblage de tous ces points de concours, & que son lieu sera distant du miroir d'un quart du diamètre de la surface sphérique.

37. Le point de concours où des rayons incidens parallèles s'amassent, étant réfléchis par un miroir concave, est appelé *le foyer*. On verra dans la suite sur quoi cette dénomination est fondée.

38. L'image qui se forme au foyer d'un miroir sphérique concave est renversée, car elle est comprise entre les rayons de lumière qui partant des extrémités de l'objet sont perpendiculaires au miroir; or ces rayons passent par le centre de la surface sphérique & s'y croisent, donc celui qui vient de la droite passe à la gauche, & celui qui est à la gauche passe à la droite; de même celui qui vient de la partie supérieure va se terminer à la partie inférieure du miroir, & celui qui part de la partie inférieure de l'objet va rencontrer la partie supérieure, c'est-à-dire que tous les axes de la radiation changent de situation par rapport à l'objet, ainsi ce qui est à la droite se

représente à la gauche, & ce qui est à la gauche se représente à la droite, la partie supérieure de l'objet occupe la partie inférieure de l'image, & la partie inférieure la partie supérieure; par conséquent l'image d'un objet fort éloigné & qui est comme à une distance infinie, paroît renversée au foyer d'un miroir sphérique concave. Ainsi avec ce miroir on voit les astres comme le Soleil, la Lune & même les objets terrestres lorsqu'ils sont dans un grand éloignement; on les voit, dis-je, renversés & éloignés du miroir en devant du quart du diamètre de la surface sphérique.

39. Il est aisé de juger que cette image est extrêmement petite, & d'autant plus petite que l'objet est plus éloigné; car les diamètres de l'objet & de l'image soutendent des angles égaux qui ont leur sommet commun au centre de la Sphere dont le miroir est une portion; or plus les côtés d'un même angle ou d'angles égaux sont petits plus les bases sont aussi petites, en sorte que si un objet est un million de fois plus éloigné du centre de la surface sphérique que ne l'est l'image, l'image sera un million de fois moindre.

40. Plus un miroir sphérique est grand, ou plus la Sphere dont il est une portion est grande, plus les images des objets fort éloignés sont grandes; ou ce qui est la même chose, les grands miroirs diminuent moins les objets éloignés que les petits miroirs: ainsi supposons qu'on présente au Soleil deux miroirs inégaux, le grand appartenant à une Sphere dont le diamètre est 10 fois plus grand, le Soleil se représentera au devant de chaque miroir à la distance d'un quart du diamètre de la surface sphérique, l'image sera donc distante du centre du quart du même diamètre, & elle soutendra de part & d'autre des angles égaux à l'angle sous lequel nous voyons le Soleil de la terre; mais parce que l'image qui se forme au devant du grand miroir est la base d'un angle dont les côtés sont dix fois plus grands, il s'ensuit qu'elle est aussi dix fois plus grande; donc un tel miroir diminue les objets

éloignés dix fois moins qu'un miroir dont la sphere a un diamètre dix fois moindre. On peut donc conclure que les miroirs spheriques concaves diminuent les objets éloignés dans la proportion des diamètres des spheres dont ils sont des portions ou que les images sont comme les diamètres.

41. Si on imagine qu'un objet fort éloigné, ou supposé à une distance infinie s'approche d'un miroir spherique concave, son image fera toujours renversée, parce que les axes de la radiation entre lesquels elle fera comprise continueront de se croiser au centre de la sphere, & elle s'éloignera du miroir à mesure que l'objet s'en approchera, & tandis que l'objet parcourra l'espace infini qui est entre lui & le centre, son image passera du foyer au même centre; & à quelque distance qu'on suppose l'objet, on trouvera le lieu de son image par une proportion semblable à celle qu'on a employée dans le miroir spherique convexe. Il suffira de déterminer le lieu de l'image d'un seul point radiant.

42. Soit le point radiant A (*Fig. 44.*) plus éloigné du miroir LL que le centre C de la surface spherique, duquel partent une multitude de rayons de lumiere, entre lesquels on ne considérera que celui qui passe par le centre C, sçavoir, ACG lequel est l'axe de la radiation, & le rayon incident AE. Il est certain que le rayon réfléchi EO coupera l'axe ACG en un point *f*, qui sera entre le foyer F & le centre C. Car si on suppose que BE est un rayon incident parallele à l'axe ACG, ou qu'il vient d'un autre point radiant aussi éloigné que l'étoit le point A lorsqu'il étoit à une distance infinie; après la réflexion, il coupera l'axe ACG au foyer F, & le rayon réfléchi EF fera avec la perpendiculaire HCE l'angle HEF égal à l'angle HEB que la même perpendiculaire fait avec le rayon incident BE; par la même raison le rayon réfléchi EO fait avec la perpendiculaire HCE l'angle HEO égal à l'angle HEA que la même perpendiculaire fait avec le rayon incident AE: or puisque l'angle HEB est plus grand que l'angle HEA, il s'ensuit que l'angle HEF est



plus grand que l'angle  $HEO$ ; par conséquent le rayon réfléchi  $EO$  coupe l'axe en un point  $f$  qui est entre le centre  $C$  & le foyer  $F$ : par conséquent si le point radiant  $A$  est à une distance finie, mais plus éloigné du miroir que le centre  $C$  de la surface sphérique, son image sera entre le centre & le foyer  $F$ .

43. Pour déterminer le lieu du point  $f$  ou de l'image du point radiant  $A$ , on retranchera des angles égaux  $HEB$   $HEF$  les angles égaux  $HEA$   $HEO$ , & on aura les restes ou les angles partiels  $AEB$   $fEF$  qui seront égaux; or l'angle  $AEB$  est égal à l'angle  $EAF$ , donc l'angle  $fEF$  est aussi égal à l'angle  $EAF$ ; d'ailleurs l'angle  $F$  est commun aux deux triangles  $FfE$   $EFA$ , donc ces deux triangles sont semblables; donc  $AF.FE :: FE.Ff$ , & parce qu'on suppose que le rayon incident  $AE$  est fort près de l'axe  $ACG$ , ou que l'arc  $EG$  est très-petit  $FE=FG$ , donc  $AF.FG :: FG.Ff$ . Les deux premiers termes de cette proportion continue étant connus, le troisième  $Ff$  le sera par leur moyen; ainsi à quelque distance que se trouve le point radiant  $A$ , le lieu de son image pourra être déterminé par cette proportion.

44. Supposons que le point radiant  $A$  est à une distance infinie, pour lors  $AF$  sera infiniment grande par rapport à  $FG$ , donc  $FG$  sera infiniment grande par rapport à  $Ff$ , ou ce qui est la même chose,  $Ff$  sera infiniment petite ou de nulle valeur, par conséquent le point  $f$  tombera au foyer, c'est-à-dire que l'image du point radiant  $A$  supposé à une distance infinie sera au foyer, c'est ce qu'on avoit déjà conclu.

45. Si le point radiant  $A$  s'approche,  $AF$  diminuera par rapport à  $FG$ , donc  $FG$  diminuera par rapport à  $Ff$ , ou ce qui est la même chose,  $Ff$  augmentera, puisque  $FG$  est une quantité constante, donc l'image du point radiant  $A$  s'éloignera du foyer, elle s'éloignera aussi du miroir, parce que comme il vient d'être prouvé, l'angle  $HEf$  ou  $HEO$  est moindre que l'angle  $HEF$ ; donc si le point radiant  $A$  s'approche d'un miroir sphérique con-

cave, son image s'en éloigne, pourvu que ce point soit endecà du centre C; or tant que le point A sera endecà de ce centre, AF sera plus grande que FG, donc FG sera plus grande que Ff; ainsi le lieu de l'image sera entre le foyer F & le centre C, car  $CF = FG$ . Mais si le point A arrive au centre C, pour lors AF sera égale à FG, puisque le point F divise le demi diamètre CG en deux parties égales, donc FG sera égale à Ff, par conséquent le point f se confondra avec le point C; donc le lieu de l'image sera alors le même que celui de l'objet, d'où l'on voit que tandis que le point radiant A parcourt un espace infini, son image f parcourt seulement l'espace FC compris entre le foyer F & le centre C de la surface sphérique, & égal au quart du diamètre de cette surface ou de la sphere dont elle est une portion.

46. Si le point radiant A continue de s'approcher du miroir, son image f s'en éloignera de plus en plus en passant endecà du centre C, en sorte que le point A parcourant l'espace CF, son image sera mûe par un espace infini, car le point A s'approchant du miroir ou s'éloignant du centre C, AF sera moindre que FG, donc FG sera moindre que Ff; donc le point f ou le lieu de l'image sera endecà du centre C; si le point A arrive au foyer F, pour lors AF sera infiniment petite par rapport à FG, donc FG sera aussi infiniment petite par rapport à Ff, ou Ff infiniment grande par rapport à FG ou FC; donc tandis que l'objet A parcourt le quart du diamètre de la sphere dont le miroir concave est une portion, l'image fait un chemin infini endecà du miroir.

47. Si le point radiant A (*Fig. 45.*) continue de s'approcher du miroir en s'éloignant du foyer F, les rayons incidens AE étant réfléchis en EO, cesseront de concourir avec l'axe endecà du centre C; ce seront leurs prolongemens Ef qui rencontreront l'axe aussi prolongé au delà du miroir; ainsi les rayons réfléchis seront divergens, & l'on déterminera encore le point de divergence f par la proportion  $AF.FG :: FG.Ff$ .

1°. On prouvera que les rayons réfléchis EO doivent être divergens ; car puisque le point A est entre le foyer F & le miroir , l'angle HEA est plus grand que l'angle HEF ; donc il est aussi plus grand que l'angle HEB, lequel est égal à l'angle HEF : or BE est parallèle à l'axe, donc le rayon réfléchi EO étant prolongé fait avec l'axe un angle égal à BEO ; & parce que l'angle HEO est plus grand que l'angle HEB, il s'ensuit que le rayon réfléchi EO prolongé coupera l'axe aussi prolongé au-delà du miroir.

2°. On prouvera aussi , comme on a fait , que les triangles FEF FAE sont semblables , & que l'on a toujours la proportion FA . FE ou FG :: FG . Ff ; donc l'image ou l'apparence du point radiant A fera au-delà du miroir au point f, dont on déterminera le lieu par cette proportion.

48. Lorsque le point radiant A est au foyer F, les rayons incidens FE sont réfléchis parallèlement à l'axe ; c'est ce que démontre la proportion. Car on a déjà remarqué que le point A étant au foyer F, la longueur Ff est infiniment grande par rapport à FG, & que le point de concours f du rayon réfléchi avec l'axe est à une distance infinie, par conséquent ce rayon est parallèle à l'axe. Cela se prouve encore de cette manière, le triangle EFG est isoscele, puisque  $FC=FG$  & que  $FE=FG$ , donc les angles sur la base EC sont égaux : or l'angle BEC est égal à l'angle FEC, donc il est aussi égal à l'angle FCE, par conséquent le rayon réfléchi EB du rayon incident FE est parallèle à l'axe, puisque les angles alternes sont égaux. D'où l'on voit que l'image ayant parcouru un espace infini en deçà du miroir, tandis que l'objet A est allé du centre C au foyer F, elle paroît ensuite au-delà du miroir à une distance aussi infinie, pour peu que l'objet A s'éloigne du foyer en s'approchant du miroir : mais FA augmentant à mesure que le point radiant A s'approche du miroir, FG augmentera aussi par rapport à Ff, ou ce qui est la même chose Ff diminuera, & le lieu apparent de l'image

s'approchera aussi ; & lorsque le point A touchera le miroir , FA sera égale à Ff : c'est pourquoi lorsque l'objet touche le miroir son image le touche de même.

49. Il paroît donc que le point radiant A parcourant la moitié CF du demi diamètre CG , son image fait un chemin infini en deçà du miroir & en s'éloignant toujours ; & que le point A parcourant l'autre moitié FG du même demi diamètre , le lieu apparent de l'image fait aussi un chemin infini en s'approchant continuellement du miroir.

50. Tant que l'image est en deçà ou en devant du miroir elle est renversée , parce qu'elle n'est jamais du même côté que l'objet par rapport au centre C ; de sorte que les axes entre lesquels elle est comprise se coupant au point C , la droite de l'objet se peint à la gauche & la gauche à la droite. L'image est toujours ou plus grande ou plus petite que l'objet tant qu'elle est en devant du miroir , elle est plus petite lorsqu'elle parcourt l'espace FC (Fig. 44.) en s'éloignant du miroir. Car elle & l'objet soutendent des angles égaux qui ont leur sommet au centre C : or l'angle AEf est divisé en deux parties égales par la perpendiculaire ECH ; donc , comme on le démontre en Géométrie , la base Af est divisée au point C en parties proportionnelles aux côtés , donc la partie AC qui répond au plus grand côté AE est plus grande que la partie Cf qui répond au moindre côté fE : mais la partie AC est un des côtés de l'angle que l'objet en A soutend ; & la partie Cf est aussi un des côtés de l'angle que l'image en f soutend , donc l'image en f étant toujours plus près du centre ou du sommet de l'angle auquel elle sert de base est moindre que l'objet. Mais si l'objet parcourt l'espace CF , l'image sera en-deçà du centre C , & pour lors elle sera plus grande que l'objet. Ce qui se démontre de la même manière qu'on vient de prouver qu'elle est plus petite , lorsqu'elle se meut dans l'espace FC.

51. Il suit de ce qu'on vient de dire du lieu de l'image lorsqu'elle est en devant du miroir que si l'objet est près du centre C & en deçà , & que l'œil soit dans le cours des



rayons réfléchis, il la verra en l'air dans l'espace CF, grande à peu près comme l'objet & renversée; si l'objet s'avance vers le centre, l'image paroîtra aussi s'en approcher; si l'objet passe dans l'espace CF, l'image paroîtra s'éloigner davantage du miroir; en sorte que si on présente une bougie allumée, & qu'on la fasse mouvoir dans l'espace CF, on verra une traînée de lumière sortir du miroir, & s'élancer à une plus grande distance que n'est la bougie; si on tient une épée la pointe tournée vers le miroir, elle paroîtra de même sortir, & la pointe s'avancer contre celui qui tient la vraie épée. Car plus les parties d'un objet sont proches du miroir plus les images que les rayons réfléchis peignent en sont éloignées, conformément à la proportion  $AF.FG::FG.Ff$ : or comme la pointe de l'épée est plus près du miroir que la poignée, il s'ensuit que son image précédera ou sera la plus éloignée du miroir; si l'objet s'approche davantage du foyer F, le concours des rayons réfléchis se faisant à une plus grande distance, l'œil se trouvera entre l'image & le miroir, & la vision sera confuse, soit parce que les rayons réfléchis entreront dans l'œil convergens, ou bien les uns parallèles ou presque parallèles, & les autres convergens: or l'expérience montre que la vision pour être distincte, les rayons de la lumière doivent traverser la prunelle étant divergens ou tout au plus parallèles, puisque les rayons qui viennent d'un point radiant forment un cône ou une pyramide qui a pour base la prunelle.

52. Si l'objet arrive au foyer la vision est encore confuse, parce que les rayons qui partent d'un même point de l'objet sont, après la réflexion, les uns parallèles & les autres encore convergens, ou peut-être même divergens, selon que les points optiques d'où ils partent ont leurs parties plus ou moins proches du point mathématique F: mais si l'objet est entre le foyer F & le miroir, les rayons qui partent d'un même point seront réfléchis étant divergens, & la vision sera pour lors distincte. L'image sera droite, car elle & l'objet seront d'un même côté par rapport au

centre C, ou par rapport au sommet de l'angle auquel ils servent l'un & l'autre de base : ainsi les parties de l'objet se représentant du même côté qu'elles sont situées, l'image fera droite ; elle fera au-delà du miroir, puisque les prolongemens des rayons réfléchis concourent au-delà ; elle fera plus grande parce qu'elle sera plus éloignée du sommet de l'angle. Par conséquent le miroir sphérique concave grossit les objets qui sont entre lui & le foyer F, mais à mesure qu'un objet s'approche davantage, l'image s'approche aussi, conformément à la proportion  $FA.FG:FG.Ff$  : c'est pourquoi elle diminue, & lorsque l'objet touche le miroir, FA étant égale à FG, il s'ensuit que FG est égale à Ff, & que l'image le touche de même ; c'est pourquoi elle est alors égale à l'objet, parce que les deux bases de l'angle formé par les axes qui se croisent au centre C se confondent en une.

53. Si on place un fil sur un des axes, en sorte qu'il soit perpendiculaire au miroir, & d'une longueur égale à FG, c'est-à-dire égale au quart du diamètre de la surface sphérique, de façon qu'il touche le miroir par un bout, & par l'autre le foyer F, son apparence aura une longueur infinie. Car le point qui touchera le miroir se représentera sur le miroir même, mais le bout qui sera en F aura son apparence à une distance infinie, puisque les rayons qui en partent sont réfléchis parallèles ou si peu divergens qu'ils sont quasi parallèles, donc leurs prolongemens ne concourent qu'à une distance infinie : or l'image du fil est comprise entre ce point de concours & le miroir ; par conséquent elle a une longueur infinie.

Si on tient le fil *ik* parallèlement au miroir ou perpendiculaire à l'axe ACG, ( *Fig. 44.* ) son apparence sera une ligne courbe. Car le point milieu du fil sera le plus éloigné du miroir, & les extrémités les plus proches. Cela étant, si le fil est entre le foyer F & le miroir, le point du milieu se représentera à une plus grande distance au-delà du miroir ; cependant si l'apparence du fil étoit une ligne droite le contraire arriveroit, les extrémités paroîtroient

plus éloignées, comme on le voit en IK. Si le fil est en deçà du foyer F, le point du milieu se peindra aussi le plus près du miroir, comme en étant le plus éloigné, & les extrémités auront chacune la leur plus éloignée, comme étant les plus proches; par conséquent l'apparence fera encore une ligne courbe.

54. Si un spectateur a l'œil au centre C, il ne verra par réflexion que son œil qui couvrira tout le miroir. Car de tous les rayons réfléchis par le miroir, il n'y a que ceux qui sont perpendiculaires à la surface sphérique qui passent par le centre C, & qui arrivent par conséquent à l'œil qui y est situé; donc les rayons incidens qui leur correspondent doivent aussi passer par le centre C, & être de même perpendiculaires au miroir: or puisque l'œil est au centre C, il s'ensuit qu'il n'y a que l'œil qui envoie vers le miroir des rayons qui passent par ce centre, donc l'œil ne reçoit par réflexion que les rayons qu'il envoie, donc il ne se voit que lui-même; & parce que les rayons qu'il reçoit sont réfléchis par toute la surface sphérique vers le point C, il s'ensuit qu'il voit son image aussi grande que le miroir.

55. Le miroir sphérique concave a encore une propriété considérable, c'est de brûler les corps combustibles, comme le bois, de calciner les pierres de les vitrifier, de fondre les métaux &c. C'est pour cette raison qu'on l'appelle miroir ardent; on l'expose directement au Soleil afin que le rayon qui part du centre de cet astre soit perpendiculaire à la surface sphérique; on place au foyer F les corps sur lesquels on veut faire l'expérience, & la lumière du Soleil réfléchie par le miroir vers cet endroit a assez de force pour produire les effets qu'on vient de citer.

Si la lumière réfléchie se concentroit toute au point F, elle seroit infiniment plus brûlante que la lumière directe; mais 1°. Le corps du Soleil soutient un angle d'un demi degré ou de 30', donc son image en soutient aussi un de la même grandeur, donc la lumière réfléchie occu-

pe en F un espace dont le diamètre soutend un angle de  $30'. 2''$ . Tous les rayons qui partent d'un même point de l'astre ne se réunissent pas exactement en un même point de l'axe correspondant, ce qui augmente encore le diamètre de l'espace que la lumière réfléchie occupe. Cependant dans le calcul qu'on va faire, on n'aura aucun égard à cette cause de diminution qui n'est pas considérable, lorsque le miroir est une petite portion d'une grande sphere. Supposons qu'il est mesuré par un arc de 30 degrés, il est clair que la largeur du torrent de lumière qui vient de l'astre sera mesurée par la corde de cet arc, & si l'image du Soleil se peignoit sur le miroir, son diamètre seroit égal à la corde d'un demi degré ou de  $30'$ , parce que le diamètre apparent du Soleil soutend un angle de  $30'$ , lequel a son sommet au centre, comme il vient d'être dit; mais elle en est éloignée d'un quart du diamètre de la sphere, puisque le Soleil étant à une distance infinie, son image se peint au foyer, lequel est éloigné du miroir du quart du diamètre de la surface spherique, c'est pourquoi son diamètre est deux fois plus petit; il est donc égal au sinus de l'arc ou de l'angle de  $15'$ . Le sinus de  $15'$  qu'on peut prendre sans erreur sensible pour la corde du même arc est 436. Le sinus de 15 deg. est 25882 dont le double est 51764; ce qui est la corde de 30 deg. Ces nombres sont sensiblement comme 440 & 52000 ou comme 11 & 1300 en divisant par 40, ce sont les diamètres des espaces circulaires que la lumière réfléchie & la lumière directe occupent: or ces espaces sont comme les quarrés des diamètres; (13. Géom.) d'ailleurs les forces d'un même quantité de lumière sont reciproquement comme les espaces qu'elle occupe; (I. n. 10. 11.) donc la force de la lumière réfléchie est à la force de la lumière directe, comme  $1300 \times 1300$  est à  $11 \times 11$  c'est-à-dire comme 1690000 & 121 ou à peu près comme 14000 à 1.

56. Si deux miroirs spheriques sont des portions semblables de deux spheres inégales, celui qui est une portion de la grande sphere a plus de force, parce qu'il réfléchit



plus de lumière. Car les quantités de la lumière réfléchie sont comme les surfaces réfléchissantes : or les arcs étant semblables les surfaces réfléchissantes sont comme les carrés des mêmes arcs, ou comme les carrés des diamètres de leurs cercles ou des sphères, en sorte que si le diamètre d'une sphère est 10 fois plus grand, le miroir qui en est une portion réfléchira 100 fois plus de lumière : ainsi il aura une force centuple. Si les arcs qui mesurent les deux miroirs ont des cordes égales, & que néanmoins ils soient de portions de sphères inégales, la lumière sera réfléchie en même quantité par l'un & par l'autre, mais parce que le miroir qui fait partie de la petite sphère contient nécessairement plus de degrés, il réunit moins parfaitement la lumière qu'il réfléchit : ainsi celui des deux miroirs supposés, qui est une portion d'une plus grande sphère a plus de force.

*Les miroirs parabolique, elliptique & hyperbolique.*

57. On représente chacun de ces miroirs par la section qui lui est propre, de même qu'on représente un miroir sphérique par la section d'un sphère ; savoir, un arc de cercle. La parabole & l'hyperbole qui servent de forme aux miroirs parabolique & hyperbolique ne sont point terminées suivant la longueur de l'axe, elles ont un cours infini dans ce sens, ainsi les miroirs auxquels elles servent de modèle peuvent avoir une longueur à volonté ; mais l'ellipse de même que le cercle avec lequel elle a beaucoup d'affinité est terminée de tous côtés. Sur l'axe de chacune de ces courbes il y a deux points  $F O$  ( *Fig. 46. 47. 48.* ) appelés foyers. Leur propriété, par rapport au sujet dont il s'agit, est que si de l'un & de l'autre de ces points on mène des lignes droites qui concourent en un point  $G$  de la courbe, les angles  $FGS$   $PGI$  qu'elles font avec la tangente  $IGS$  au point  $G$  d'attouchement sont égaux entr'eux. Reciproquement si du foyer  $F$  on mène une ligne droite au point d'attouchement  $G$ , & de ce point une ligne  $GP$  qui fasse avec la tangente l'angle  $PGI$  égal à l'angle

FGS, la ligne GP tendra à l'autre foyer O. D'où il suit que si au foyer F il y a un point radiant, & que FG soit un rayon incident, le rayon réfléchi GP tendra au foyer O; donc tous les rayons qui partent du point F, & qui rencontrent le miroir sont réfléchis de manière qu'ils tendent tous vers l'autre foyer O; car ce qui convient au rayon réfléchi GP par rapport au rayon incident FG est vrai de tout autre rayon réfléchi comparé à son incident. Le foyer O de l'ellipse (*Fig. 47.*) est en dedans de la courbe, de sorte que toute la lumière qui part du point radiant supposé au foyer F, s'amasse par la réflexion du miroir à l'autre foyer O. Dans l'hyperbole le foyer O (*Fig. 48.*) est en dehors de la courbe dans l'hyperbole opposée; de sorte que ce sont les prolongemens GO des rayons réfléchis GP qui tendent à l'autre foyer O au-delà du miroir, c'est pourquoi la lumière réfléchie est un peu divergente. Dans la parabole le foyer O (*Fig. 46.*) est à une distance infinie, de sorte que les rayons réfléchis sont parallèles à l'axe AO. Car deux lignes droites qui tendent vers un même point qui est à une distance infinie sont parallèles entr'elles, c'est pourquoi les rayons réfléchis par un miroir parabolique sont parallèles entr'eux, lorsque le point radiant est au foyer F.

58. Si on imagine que ces trois courbes font une demi révolution autour de l'axe AO, elles décriront chacune une surface concave qui sera le miroir réfléchissant. Et si l'on place une bougie au foyer F toute la lumière sera réfléchie en devant parallèlement à l'axe par le miroir parabolique, un peu divergente par le miroir hyperbolique, & convergente par le miroir elliptique.

59. Les miroirs parabolique & hyperbolique peuvent servir à éclairer durant la nuit sur une route, parce qu'ils réfléchissent la lumière à une grande distance, & le miroir elliptique peut être de service à un homme de cabinet, à un artiste dans un laboratoire.

## DE LA LUMIERE REFRACTEE

*Ou la Dioptrique.*

V. 1. **L**A réfraction en général est le détour que prend un corps qui passe obliquement d'un milieu dans un autre qui n'est point de même densité, comme lorsqu'on jette de biais une pierre contre une eau dormante, elle ne suit point en y entrant la direction qu'on lui a fait tenir dans l'air, mais elle s'en écarte : c'est dans cet écart que la réfraction consiste. Un corps qui pénètre obliquement dans un nouveau milieu peut se détourner de sa direction ou vers la droite ou vers la gauche. Or quoique la réfraction ait un rapport direct & immédiat à la direction que le corps quitte, cependant on la rapporte à la perpendiculaire élevée au point d'incidence. Supposons que la boule A (*Fig. 49.*) va choquer la surface LL d'une eau tranquille suivant la direction oblique ACE, elle se détournera vers la droite & suivra CM parce que l'eau lui résiste davantage que l'air ; mais si le nouveau milieu Z qu'elle pénètre résistoit moins, elle prendroit son détour vers la gauche suivant CN : or comme il pourroit y avoir de l'équivoque ou de l'embarras à rapporter le détour ou la réfraction de la boule à la direction ACE, pour éviter toute difficulté on la rapporte à la perpendiculaire HCI au point d'incidence C, & l'on dit que la boule se réfracte en s'approchant ou en s'éloignant de la perpendiculaire, selon qu'elle prend sa route suivant CN ou CM.

2. Dans la réfraction on considère la surface réfringente ou réfractive LL, le point d'incidence C qui est aussi celui de réfraction, parce que la réfraction commence aussi-tôt que le mobile rencontre le nouveau milieu ; la ligne d'incidence ACE suivant laquelle le corps A est mû avant la réfraction ; CM ou CN la ligne de ré-

fraction ou la direction que le mobile prend lorsqu'il se détourne ; HCI la perpendiculaire au point d'incidence & de réfraction ; ACL l'angle d'incidence formé par la ligne d'incidence ACE, & la surface réfringente LL ; ICM ou ICN l'angle de réfraction formé par la perpendiculaire d'incidence & la ligne de réfraction ; ECM ou ECN l'angle rompu ou réfracté formé par la direction du mobile avant & après la réfraction ; ACH l'angle d'inclinaison formé par la direction AC du mobile & par la perpendiculaire d'incidence, c'est le complément de l'angle d'incidence ACL. Il y a des Auteurs qui le prennent pour l'angle d'incidence même.

La lumière de même que les corps sensibles est sujette à la réfraction, avec cette différence qu'elle pénètre les milieux durs & solides, par exemple, le verre, le cristal &c. & les milieux fluides qui sont les seuls accessibles aux corps grossiers.

3. On a prouvé dans les principes que si un corps sensible de figure sphérique entre obliquement dans un nouveau milieu qui résiste davantage, il se détourne en s'éloignant de la perpendiculaire d'incidence ; d'où il suit que si les corpuscules de la lumière sont sphériques comme on peut le conjecturer vraisemblablement vu la régularité de la réflexion qui s'en fait à la rencontre des miroirs, ils doivent se détourner en s'éloignant de la perpendiculaire d'incidence, lorsqu'ils pénètrent dans un milieu qui leur résiste davantage : or l'expérience a fait connoître que si un trait de lumière passe du verre dans l'eau & de l'eau dans l'air, il souffre réfraction en s'écartant de la perpendiculaire d'incidence, d'où il suit que la lumière trouve plus de résistance dans l'air que dans l'eau, & dans l'eau plus que dans le verre. Quoique tous les Physiciens conviennent du fait attesté par l'expérience, sçavoir que la lumière pénétrant dans un milieu moins dense se détourne en s'éloignant de la perpendiculaire, il y en a cependant qui révoquent en doute, & même nient que l'air résiste davantage à la lumière que l'eau.



& l'eau plus que le verre. Cette question sera discutée plus au long dans la suite, il suffit quant à présent de savoir que si la lumière passe dans un milieu qui soit plus dense comme de l'air dans l'eau, dans le verre, &c. elle se réfracte en s'approchant de la perpendiculaire d'incidence.

4. L'expérience a fait découvrir dans la réfraction de la lumière une propriété qui est le fondement de la Dioptrique, comme l'égalité des angles d'incidence & de réflexion l'est de la Catoptrique; la voici. Supposons que deux rayons de lumière  $BC$   $AC$  (*Fig. 50.*) tombent obliquement sur la surface réfractive  $LL$  du nouveau milieu  $X$  plus dense que le milieu  $Z$  qu'ils vont quitter. Suivant ce qui vient d'être dit, ils s'approcheront de la perpendiculaire  $HCI$ . Supposons qu'après la réfraction ils se meuvent suivant  $CM$   $CN$ ; si du point commun d'incidence  $C$  comme centre on décrit une circonférence qui rencontre les rayons incidents  $AC$   $BC$  aux points  $AB$ , & les rayons rompus  $CM$   $CN$  aux points  $MN$ , les lignes  $AF$   $BH$  tirées perpendiculairement à la ligne  $HCI$  qui est la perpendiculaire d'incidence & de réfraction, seront les sinus des angles d'inclinaison  $ACH$   $BCH$ ; & les lignes  $MO$   $NI$  menées aussi perpendiculairement à la même  $HCI$  seront les sinus des angles de réfraction  $MCO$   $NCI$ : or la propriété dont il s'agit consiste en ce que le rapport du sinus d'un angle d'inclinaison au sinus de l'angle de réfraction est constant ou invariable, en sorte que si ce rapport est connu pour une certaine inclinaison donnée, il sera le même pour toute autre inclinaison qu'on voudra supposer; par exemple, si dans l'inclinaison du rayon  $AC$  le sinus  $AF$  de l'angle  $ACF$  est double du sinus  $MO$  de l'angle de réfraction  $MCO$  pareillement, le sinus  $BH$  de l'angle d'inclinaison  $BCH$  sera aussi double du sinus  $NI$  de l'angle de réfraction  $NCI$ , & ces quatre sinus constitueront une proportion, & l'on aura  $AF.MO :: BH.NI$ .

5. Suivant l'expérience, si la lumière passe de l'air

dans l'eau, le sinus de l'angle d'inclinaison est au sinus de l'angle de réfraction comme 4 est à 3 ; il faudra renverser ce rapport si elle passe de l'eau dans l'air ; si le passage se fait de l'air dans le verre, le rapport du sinus de l'angle d'inclinaison au sinus de l'angle de réfraction sera égal à celui de 3 à 2. En général le rapport de ces deux sinus est appelé le rapport de la réfraction, & il est constant comme il vient d'être dit.

6. On considérera la réfraction de la lumière principalement dans les verres & dans les instrumens de dioptrique qui doivent aider ou perfectionner la vûe, ce qui n'empêchera pas néanmoins qu'en chemin faisant on n'entre dans l'explication des phénomènes les plus ordinaires. Les verres sont plans, plans convexes, plans concaves, convexes des deux côtés, on les appelle alors *loupes*, *lentilles*, *verres lenticulaires*, ou bien ils sont concaves des deux côtés, ou concaves d'un côté & convexes de l'autre, on les appelle *menisques*.

La figure courbe qu'on donne aux verres est la sphérique ; outre que dans l'exécution elle est la plus aisée, on s'est encore apperçu qu'elle réunit mieux la lumière que les autres figures, par exemple que la figure elliptique ou hyperbolique que M. Descartes propose de donner aux verres, laquelle réussit bien par rapport aux rayons qui sont parallèles à l'axe, ou qui partent d'un point du même axe ; mais à l'égard des rayons parallèles entr'eux & obliques à l'axe, ou qui sont divergens de divers autres points, la figure elliptique ou hyperbolique les plie moins bien que la figure sphérique.

7. M. Newton s'est convaincu par diverses expériences que la lumière n'est point homogène dans toutes ses parties, ou qu'elle est composée de parties différemment réfrangibles ; on fera cependant abstraction quant à présent de cette différence, & l'on supposera que tous les rayons de la lumière sont également réfrangibles lorsque les incidences sont les mêmes, réservant de traiter de leur différente réfrangibilité dans l'article des couleurs.

On supposera que les rayons qui tombent perpendiculairement sur une surface réfractive entrent dans le nouveau milieu sans se détourner, car aucune cause ne les détermine à s'éloigner de la perpendiculaire dans laquelle ils se meuvent, & toute la force qui les anime tend à la leur faire décrire, ainsi ils ne sont point sujets à la réfraction. Si la surface est sphérique, les rayons perpendiculaires passent par le centre de cette surface, & la tangente au point d'incidence en représente la situation.

8. Les rayons de lumière qui tombent sur une surface réfractive sont ou parallèles, ou ils partent d'un point & sont divergens, ou bien ils tendent vers un point & sont convergens; s'ils sont parallèles on peut supposer qu'ils viennent d'un point infiniment éloigné; & réciproquement si le point est comme infiniment éloigné, on peut supposer qu'ils sont parallèles. Entre les rayons incidens qui viennent d'un même point, il y en a un qui est perpendiculaire à la surface réfringente, & il est comme l'axe de la pyramide de lumière qui tombe sur la surface, ainsi il y a autant d'axes que de points radians qui envoient de la lumière. Si la lumière traverse les deux surfaces d'un verre sphérique, le rayon qui passe par les deux centres est appelé *axe principal* ou l'axe du verre sphérique.

*De la réfraction de la lumière à la rencontre d'une surface plane.*

9. Des rayons de la lumière parallèles entr'eux qui traversent un nouveau milieu terminé par deux surfaces planes parallèles, par exemple, un verre plan, en sortent étant encore parallèles. Premièrement si les rayons incidens tombent perpendiculairement sur la première surface ils entreront sans se rompre, & seront aussi perpendiculaires à la seconde surface, donc ils sortiront du milieu sans se rompre, & seront encore parallèles. Si les rayons incidens sont parallèles sans être perpendiculaires, ils se détourneront également, & les rayons rompus

à la rencontre de la premiere surface seront paralleles ; & tombant sur la seconde avec la même inclinaison , ils seront rompus également , par conséquent ils sortiront étant encore paralleles , & la seconde réfraction détruisant l'effet de la premiere , les rayons émergens  $FG NO$  (Fig. 51.) auront une situation entierement semblable à celle des rayons incidens  $DC PS$ . Supposons que le sinus de l'angle  $HCF$  soit au sinus de l'angle  $DCA$  comme 2 à 3 , le sinus de l'angle  $EFG$  sera au sinus de l'angle  $HCF$  comme 3 à 2 , donc l'angle  $EFG$  est égal à l'angle  $DCA$  , donc la seconde réfraction détruit l'effet de la premiere , ainsi des rayons paralleles entr'eux qui traversent un nouveau milieu terminé par des surfaces planes paralleles , sont à l'égard de la vûe comme s'ils ne souffroient point de réfraction ; de là vient que la vision à travers un verre plan se fait de même que si les rayons de lumiere arrivoient à l'œil en ligne droite.

10. Si un rayon incident  $AC$  (Fig. 52. 53.) tombe obliquement sur la surface réfringente  $LL$  d'un nouveau milieu plus ou moins dense , il se détournera de maniere que le rayon rompu  $CF$  & le prolongement  $CE$  du rayon incident terminé par la perpendiculaire  $GE$  ou  $GF$  seront comme le sinus de l'angle d'inclinaison est au sinus de l'angle de réfraction ; car dans le triangle  $CFE$  , les côtés  $CF CE$  sont comme les sinus des angles  $CEF CFE$  ou  $CEG CFG$  (21 Géom.) : or les angles  $CEG CFG$  sont égaux aux angles d'inclinaison  $ACH$  ou  $ECI$  & de réfraction  $FCI$  (27. Géom.) ; donc le rayon rompu  $CF$  & le prolongement  $CE$  du rayon incident  $AC$  terminés par la perpendiculaire  $EG$  , sont entr'eux comme le sinus de l'angle d'inclinaison  $ACH$  & de réfraction  $FCI$ .

11. Si on suppose qu'en  $A$  est un point radiant , & que les rayons incidens  $AC$  sont très-près de l'axe  $AB$  ou très-proches les uns des autres , les rayons rompus auront leur point de divergence sur l'axe au point  $f$  , car si les rayons incidens sont très-proches de l'axe  $AB$  , ou si étant considérablement éloignés de l'axe , ils sont néan-



moins très-proches entr'eux, ils formeront comme un seul rayon solide, donc les angles d'inclinaison seront sensiblement égaux, donc les angles de réfraction seront aussi sensiblement égaux, par conséquent les rayons rompus auront leur point de divergence en un même point *f* de l'axe; donc si l'œil est dans le milieu *Z* sur le cours des rayons rompus, il verra le point *A* en *f*: or lorsque la réfraction éloigne les rayons de la perpendiculaire (*Fig. 53.*), la lumière passe dans un milieu moins dense, & lorsque la réfraction approche les rayons de la perpendiculaire (*Fig. 52.*) la lumière passe dans un milieu plus dense; de plus dans le premier cas le point *f* est plus près de la surface réfringente que le point radiant & plus éloigné dans le second; donc lorsque la lumière passe dans un milieu moins dense où l'œil est situé, la réfraction approche les objets qui sont dans le milieu plus dense de la surface réfringente; & au contraire elle les en éloigne lorsque la lumière passe dans un milieu plus dense où l'œil du spectateur se trouve.

12. On peut déduire de là l'explication de quelques expériences très-connues. 1°. Si on met une pièce d'argent dans un plat & que l'œil s'éloigne jusqu'à ce que les bords la cachent, & que se tenant dans cette situation on verse de l'eau dans le plat, il commencera à voir la pièce d'argent lorsque l'eau sera montée à une certaine hauteur; la raison en est que la lumière qui est réfléchie par la pièce d'argent souffre réfraction en sortant de l'eau de telle sorte qu'elle s'éloigne de la perpendiculaire, & se pliant vers l'œil elle fait paroître la pièce d'argent, car elle passe dans l'air qui est un milieu moins dense que l'eau, par conséquent l'objet qui est au fond du plat doit paroître plus près de la surface, donc l'œil à qui il étoit invisible doit commencer à le voir lorsque l'eau est montée à une certaine hauteur.

2°. Si on enfonce en partie un bâton dans l'eau perpendiculairement à la surface, il paroîtra plus court qu'étant hors de l'eau; 1°. il paroîtra droit parce que les per-

pendiculaires tirées de tous les points radians qui sont dans l'eau sont sur la longueur même du bâton, c'est-à-dire sur une même perpendiculaire à la surface réfringente; or les images des points radians sont sur ces perpendiculaires qui n'en sont toutes ensemble qu'une qui est la longueur même du bâton (V. 11.); donc le bâton enfoncé seulement en partie doit paroître droit. 2°. Il doit paroître plus court parce que la réfraction approche de la surface infrigente toutes les parties qui étant dans l'eau envoient de la lumière à l'œil (V. 11.): l'extrémité inférieure paroissant plus près de la surface, il est nécessaire que le bâton paroisse plus court qu'étant hors de l'eau.

13. 3°. Si on enfonce en partie un bâton obliquement dans l'eau, il paroitra rompu ou courbé dans le point qui distingue la partie enfoncée de celle qui est hors de l'eau, car la réfraction approche de la surface de l'eau tous les points de la partie enfoncée (V. 11.) donc cette partie ou son apparence doit faire avec la surface réfringente un angle moindre que ne fait la partie extérieure avec la même surface, par conséquent le bâton doit paroître rompu ou courbé dans le point qui distingue la partie enfoncée de la partie extérieure.

4°. Un vaisseau plein d'eau doit paroître moins creux qu'étant vuide, c'est toujours la même raison. Si le fond CE du vaisseau (Fig. 54.) est plat il paroitra creux ou courbe. Supposons que l'œil O est sur la ligne OC perpendiculaire à la surface LL de l'eau & au fond EC, il est certain que tous les points tels que C R M E &c. enverront des rayons de lumière à l'œil O, & que ces rayons rencontrant la surface LL se rompent en s'éloignant des perpendiculaires aux points d'incidence; (n. 3.5) ne considérons que les points radians MR, il est clair que le point R étant plus près de la perpendiculaire OC que le point M, les rayons RAP qui en se pliant par la réfraction vers l'œil O rendront le point R visible, ont leurs points d'incidence A plus près de OC que ne le sont les points

points d'incidence B des rayons MBS, qui en se pliant aussi vers la prunelle O font voir le point M, donc le rayon rompu BO est plus grand que le rayon rompu AO; donc l'angle TBO est moindre que l'angle TAO, c'est-à-dire que le rayon rompu BO qui rend le point M visible faisant avec la surface LL un moindre angle rencontre l'axe MN en un point D qui est plus près de la surface que n'est le point G, où le rayon rompu AO qui rend le point R visible coupe l'axe RF; or l'œil voit les images ou les apparences des points M R sur les axes MN RF où les rayons rompus BO AO prolongés les rencontrent (V. 11.), donc l'apparence du point M est plus près de la surface LL que n'est l'apparence du point R, donc le fond CE paroît s'approcher d'avantage de la surface à mesure que les points radians sont plus éloignés de la perpendiculaire OC, par conséquent il paroît creux.

14. Si les parties DM GR des axes étoient dans le rapport des parties CM CR, on auroit les triangles semblables DCM GCR, & la ligne des lieux apparens des points du fond EC feroit une ligne droite qui feroit avec le fond l'angle DCM ou GCR, mais les portions DM GR sont dans un rapport fort différent de celui de CM à CR, par conséquent la ligne des lieux apparens des points du fond est une ligne courbe. M. de Mairan en a recherché les propriétés & le caractère distinctif, il trouve qu'après un certain cours elle se plie en sens contraire, qu'elle devient convexe du côté de l'œil & concave du côté du fond. Mem. 1740.

15. Si la réfraction de la lumière se fait en passant de l'eau dans l'air, elle augmente la grandeur apparente des objets, & elle la diminue si la lumière passe de l'air dans l'eau. Car l'image de l'objet AH (Fig. 53.) est comprise entre les perpendiculaires ou axes HC, AB: or dans le premier cas l'image est rapprochée de la surface, & dans le second elle en est plus éloignée; donc dans le premier cas l'image est vûe sous un plus grand angle, &

sous un moindre dans le second ; donc dans le premier cas la grandeur apparente de l'objet AH est augmentée , & elle est diminuée dans le second. Donc si la lumière se refracte en passant de l'eau dans l'air la grandeur apparente des objets est augmentée , & elle est diminuée si la lumière passe de l'air dans l'eau. D'où il suit que les plongeurs & les poissons voient les objets qui sont dans l'air moindres qu'ils ne sont , tandis que nous voions ceux qui sont dans l'eau plus grands.

16. Remarque. On a supposé jusqu'ici que le lieu apparent d'un objet vû par refraction est sur les verticales ou perpendiculaires menées de ses divers points à la surface réfringente. C'est la supposition ordinaire qu'on ne se met pas même en peine de prouver. Selon la remarque de M. de Mairan dans le Mémoire cité , la refraction ne change rien quant à la position dans tout ce qui est vertical. Que l'œil soit frappé par une ligne qui ait autant de parties qu'on voudra différemment posées les unes à l'égard des autres comme un zig-zag , il ne sentira le coup que selon la direction de la dernière partie, & ne le rapportera qu'au bout de cette partie le plus éloigné de lui : ainsi quoique le rayon MB ( *Fig. 54.* ) se plie en B , & que pour faire impression sur l'œil en O il se détourne suivant BO , le coup n'est point senti comme partant du point M , & arrivant à l'œil par le détour MBO , l'œil ne le sent que suivant la partie extérieure BO du rayon rompu MBO , & le rapporte à quelqu'un des points de la ligne OBD : or comme les rayons incidens très-proches de MB , qui après la refraction vont rencontrer la prunelle, ont leur concours sensiblement au point D , ( V. 11. ) le lieu apparent du point M doit être sur la verticale MN. En effet la refraction ne change rien quant à la position dans tout ce qui est vertical , comme il vient d'être dit ; donc le point M qui est sur la verticale MN doit avoir son apparence sur cette ligne , ce qui est d'ailleurs conforme à l'expérience suivant laquelle si on enfonce dans l'eau un bâton droit perpendiculairement à la surface réfringente , la partie en-



foncée paroît sur la même ligne droite que la partie extérieure. Il en est de même du fil d'un pendule plongé dans l'eau par sa partie inférieure & soutenu dans l'air par la supérieure, l'une & l'autre étant vûes sur une même ligne droite, ce qui prouve que chaque point radiant de la partie plongée à son image ou son apparence sur la verticale commune, sur laquelle est la direction du pendule ou du fil qui tient le corps pesant suspendu.

*De la refraction de la lumiere à la rencontre d'une surface spherique convexe & concave.*

17. Les lignes tirées du centre sont perpendiculaires à la surface spherique, & les angles qu'elles font avec les rayons incidens sont les angles d'inclinaison; c'est pourquoi si la lumiere passe dans un milieu plus dense, elle se refracte en s'approchant de la perpendiculaire, ou de la ligne tirée du centre de la surface spherique au point d'incidence; & elle s'en écarte si elle pénètre dans un milieu moins dense. AC (Fig. 55. 56. 57. 58.) est l'axe de la pyramide de lumiere qui vient d'un point radiant; C le centre de la surface spherique; BD un rayon incident lequel est parallele à AC, si le point radiant est à une distance infinie; DE le prolongement de ce rayon; CDG la perpendiculaire au point d'incidence; DN le rayon rompu; F le point de concours de ce rayon ou de son prolongement DM avec l'axe; l'angle CDO que le rayon incident BDE prolongé ou non fait avec la perpendiculaire CD est l'angle d'inclinaison; l'angle CDI formé par la même perpendiculaire & par le rayon rompu DN prolongé ou non, est l'angle de refraction. Si la surface spherique est de verre, le rapport des sinus de ces angles est égal à celui de 3 à 2 si la lumiere passe de l'air dans le verre, ou de 2 à 3 si elle passe du verre dans l'air.

18. Supposant que les rayons incidens sont paralleles à l'axe, je dis que dans le triangle CDF (Fig. 55. 56. 57. 58.) le côté DF est au côté CF dans le rapport du sinus de l'angle d'inclinaison au sinus de l'angle de ré-

fraction; car dans les deux (*Fig. 55. 56.*) notées Z où l'on suppose que la lumière passe dans un milieu moins dense, l'angle d'inclinaison CDO est égal à son alterne DCF, & l'angle de réfraction CDI a le même sinus que le supplément CDF (27. 21. *Géom.*). Dans les deux figures (57. 58.) notées X, où l'on suppose que la lumière passe dans un milieu plus dense, l'angle d'inclinaison CDO & son supplément DCF ont le même sinus, & CDI ou CDF ne diffère point de l'angle de réfraction, donc dans le triangle CDF les angles DCF & CDF ont les mêmes sinus que les angles d'inclinaison & de réfraction; or dans le même triangle les côtés DF & CF sont dans le rapport des sinus des angles auxquels ils sont opposés (21. *Géom.*), donc ils sont entr'eux comme les sinus des angles d'inclinaison & de réfraction.

19. *Coroll.* Si la lumière passe du verre dans l'air (*Fig. Z.*) le rapport de FD à CF sera égal à celui de 2 à 3, & si la lumière passe de l'air dans le verre, comme dans les (*Fig. X.*), le rapport de DF à CF sera égal à celui de 3 à 2; or si le rayon incident BD est fort près de l'axe, dans le premier cas le côté CF sera sensiblement égal à la somme des côtés CD DF, donc CD étant égal au demi diamètre de la surface sphérique, DF ou LF sera égal à deux demi diamètres & CF égal à trois demi diamètres. Dans le second cas DF sera égal à la somme des côtés DC CF, par conséquent DF ou LF vaudra trois demi diamètres, & CF en vaudra deux; donc dans le premier cas les rayons rompus DN ont leur point de concours ou de divergence éloigné de la surface sphérique de deux demi diamètres & de trois demi diamètres dans le second cas. Si la lumière passoit de l'eau dans l'air, CF (*Fig. Z.*) vaudroit quatre demi diamètres & DF en vaudroit trois; mais si la lumière passoit de l'air dans l'eau (*Fig. X.*) DF vaudroit quatre demi diamètres, & CF en vaudroit trois.

Supposant encore que la lumière passe du verre dans l'air (*Fig. Z.*) si les rayons incidens sont fort éloignés

de l'axe ; CF vaudra moins de trois demi diamètres & DF en vaudra moins de deux , puisqu'on suppose que CF est à DF comme 3 à 2 , & que d'ailleurs CD est un demi diamètre , & que de plus le côté CF est moindre que la somme des côtés CD DF ; & si la lumière passe de l'air dans le verre ( *Fig. X.* ) DF vaudra moins de trois demi diamètres , & CF en vaudra moins de deux ; donc lorsque la lumière passe du verre dans l'air , les rayons incidens BD fort éloignés de l'axe ont après la réfraction leur point de concours ou de divergence F éloigné de la surface sphérique moins de deux demi diamètres , & si la lumière passe de l'air dans le verre le point F en est moins éloigné de trois demi diamètres. Donc plus les rayons incidens BD feront éloignés de l'axe , plus les rayons rompus DN auront leur point de concours ou de divergence F près de la surface sphérique , & il n'en est éloigné de deux ou de trois demi diamètres qu'à l'égard des rayons paralleles qui sont comme infiniment proches de l'axe.

### *De la refraction Astronomique.*

20. La terre est environnée d'une masse ou amas d'air terminé d'une surface sphérique , comme il a été prouvé dans les principes ; c'est cet amas qu'on appelle l'atmosphère terrestre. Si l'air qui environne la terre étoit également dense par tout , la lumière qui y entre ne seroit réfractée qu'à l'entrée , elle continueroit ensuite de se mouvoir en ligne droite , mais l'air se condense par son propre poids , & dans les couches inférieures , il se mêle avec les vapeurs & les exhalaisons qui s'élèvent de la terre , donc elle pénètre dans des milieux de plus en plus denses à mesure qu'elle s'approche de nous , & ne parvient à l'œil qu'après une infinité de réfractions : chaque réfraction en particulier est insensible , parce que la densité des milieux augmente insensiblement , mais toutes ensemble elles composent une réfraction totale qui est mesurable , ainsi que les astronomes s'en sont apperçus dans ces derniers tems ; elle chan-

ge le lieu apparent des astres , & la plus grande de toutes est la refraction horisontale ; elle diminue ensuite à mesure que les astres montent au-dessus de l'horison , en sorte que ceux qui parviennent au Zénit paroissent dans leur lieu véritable , car au Zénit il n'y a aucune refraction , parce que la lumière y traverse l'air sans souffrir aucun détour.

21. MON ( *Fig. 59.* ) est la surface de la terre dont le centre est en C , & CO ou CG en est le demi diamètre , HDP la surface de l'atmosphère , HR l'horison sensible qui touche la terre en O , & rencontre la surface de l'atmosphère en L de même que le demi diamètre CG prolongé en B ; mais le demi diamètre CO prolongé passe par le Zénit Z. Cela posé , voici quel est l'effet de la refraction astronomique par rapport à la vision. Il est certain que tous les astres qui sont au-dessus de l'horison sont visibles comme aussi ceux qui sont au-dessous nous sont cachés , à moins que quelque cause particulière ne les rende visibles lorsqu'ils devroient être encore cachés : or c'est là ce que la refraction astronomique produit. Car suivant les observations les plus exactes , lorsque les astres sont encore  $32'$  au-dessous de l'horison ils paroissent néanmoins se lever. Supposons que le centre du Soleil ou de la Lune , ou si l'on veut une étoile est encore  $32'$  au-dessous de l'horison HR , en sorte que le rayon de lumière SL qui vient de ce centre fasse avec le même horison l'angle SLR de  $32'$  , on éprouve que le centre du Soleil , ou de la Lune , ou de l'étoile est pour lors visible , & qu'il touche à l'horison ; d'où l'on conclut que le rayon SL qui fait avec la perpendiculaire d'incidence CGB l'angle SLB , pénétrant dans l'atmosphère au point d'incidence L se plie ou se détourne en s'approchant de la perpendiculaire CGB , & devient horisontal ; c'est pourquoi un spectateur en O voit le centre du Soleil ou de la Lune au moyen du rayon OL ; ainsi il le voit à l'horison quoiqu'il soit encore  $32'$  au-dessous. Par conséquent la refraction horisontale élève les astres de  $32'$  , ou ce qui est la même chose le lieu apparent est plus élevé que le véritable de  $32'$ . Que la re-



fraction astronomique doit élever les astres ou les faire paroître plus hauts qu'ils ne sont, cela suit manifestement des principes qu'on a posés ; sçavoir, que si la lumière passe dans un milieu plus dense elle s'approche en se refractant de la perpendiculaire au point d'incidence : or la lumière qui pénètre l'atmosphère terrestre & qui parvient jusqu'à la terre passe successivement dans des milieux de plus en plus denses, comme il vient d'être dit ; donc le rayon SL qui vient du Soleil & qui en se refractant continuellement jusqu'à ce qu'il soit parvenu au point O où est le spectateur, s'approche de la perpendiculaire d'incidence CLB, doit faire paroître le Soleil plus élevé qu'il n'est.

22. la refraction horisontale est la plus grande. Car à mesure que l'astre monte au-dessus de l'horison, le rayon incident SL fait avec la perpendiculaire CGB des angles SLB de plus en plus petits ; ainsi le centre de l'astre étant supposé sur la ligne AE, l'angle d'inclinaison AEK étant moindre que l'angle SLB, le détour du rayon incident AE sera moindre que le détour du rayon incident SL ; donc l'angle AEF que le rayon rompu EO prolongé en F, au moyen duquel le spectateur en O voit alors le centre de l'astre sera moindre que l'angle SLR ; ainsi le lieu apparent qui sera sur le rayon OE prolongé vers F sera moins élevé au-dessus du véritable ; & il est clair que si l'astre parvient au Zénit, pour lors le rayon incident AE se confondant avec la perpendiculaire d'incidence, puisque le centre de l'astre sera sur COZ, la refraction sera nulle, parce que les rayons incidens étant perpendiculaires à la surface de l'atmosphère, entreront sans se détourner.

23. Tous les astres qui ont la même hauteur au-dessus de l'horison sont également élevés par la refraction ; car les astres qui sont également élevés au-dessus de l'horison ont tous leurs centres sur une même ligne qui aboutit à l'œil du spectateur, ou ce qui est la même chose, tous ces centres sont sur un même rayon incident ; donc la refraction est la même à l'égard de tous ; donc elle les élève tous également ; ainsi elle n'est pas plus grande pour la

Lune que pour le Soleil, & pour les étoiles, comme quelques uns l'ont cru.

24. Le Soleil & la Lune à l'horison doivent paroître de figure ovale. Car la refraction à l'horison même est plus grande qu'à une certaine hauteur, & elle élève plus les astres qui se levent, que lorsqu'ils sont parvenus à quelque hauteur; donc la refraction élève davantage le bord inférieur que le bord supérieur; elles approchent par conséquent les extrémités du diamètre vertical; mais la refraction ne change point l'apparence du diamètre horizontal, ce qu'on peut prouver par le calcul suivant. L'angle d'inclinaison SLB qui donne la refraction horizontale est de 88 d. 34', suivant la supputation de M. Hartsoeker dans son essai de dioptrique; donc l'angle de refraction BLR est de 88 d. 2', & leurs sinus sont 99969.99991, c'est-à-dire, que ces deux sinus sont presque égaux: or comme le sinus d'un angle d'inclinaison est au sinus de l'angle de refraction correspondant, ainsi le sinus de tout autre angle d'inclinaison est au sinus de l'angle de refraction pareillement correspondant. ( V. 4. ) Cela posé, pour avoir le changement que la refraction produit sur le diamètre horizontal du Soleil ou de la Lune, il faut imaginer un angle d'inclinaison qui soit d'environ 16', son sinus sera de 465 parties; & si suivant la proportion qu'on vient d'indiquer, on cherche le sinus de l'angle de refraction qui lui répond, on trouvera qu'il ne diffère du sinus 465 que d'une unité, ce qui ne donne pas seulement une seconde de différence entre l'angle d'inclinaison & l'angle de refraction, c'est-à-dire que dans cette inclinaison de 16' la refraction est imperceptible. Cela étant, les rayons qui partent des extrémités du diamètre horizontal du Soleil ou de la Lune sont avec le rayon SL qui part du centre des angles d'environ 16'; & en pénétrant dans l'atmosphère ils se rompent dans le sens horizontal & dans le sens vertical; mais le rayon SL qui part du centre ne se refracte que dans le sens vertical, donc on peut lui rapporter la refraction dans le sens horizontal, comme à la perpendicu-

laire d'incidence, ou regarder ce rayon comme la perpendiculaire d'incidence, donc le détour que les rayons incidents prendront en se rompant dans l'air sera imperceptible; par conséquent le diamètre horifontal n'est diminué ni augmenté, tandis que le diamètre vertical est diminué, par conséquent le Soleil & la Lune doivent paroître de figure ovale lorsqu'ils se levent & se couchent.

25. On peut conclure de-là que ce ne sont point les refractions plus grandes à l'horifon qu'au méridien, qui nous font paroître la Lune plus grande à l'horifon qu'au méridien, puisque les refractions à l'horifon n'augmentent point le diamètre horifontal & qu'au contraire elles diminuent le diamètre vertical.

26. Puisque la refraction que souffrent les rayons de la lumiere en pénétrant dans l'atmosphère élève les astres, il s'ensuit qu'ils se levent plutôt & qu'ils se couchent plus tard qu'ils ne feroient sans cette refraction.

27. On observe encore que les éclipses horifontales de la Lune, lesquelles ont lieu lorsque cet astre est à l'horifon, & qui ne devroient être visibles qu'avant que le Soleil se leve ou qu'après qu'il est couché, parce que ces deux astres étant alors en opposition ou diamétralement opposés, il est nécessaire que si la Lune est au-dessus de l'horifon, le Soleil soit caché au-dessous, sont néanmoins visibles, le Soleil étant levé. Or c'est là un des effets de la refraction astronomique, qui élevant les astres les fait paroître levés lorsqu'ils devroient être cachés sous l'horifon.

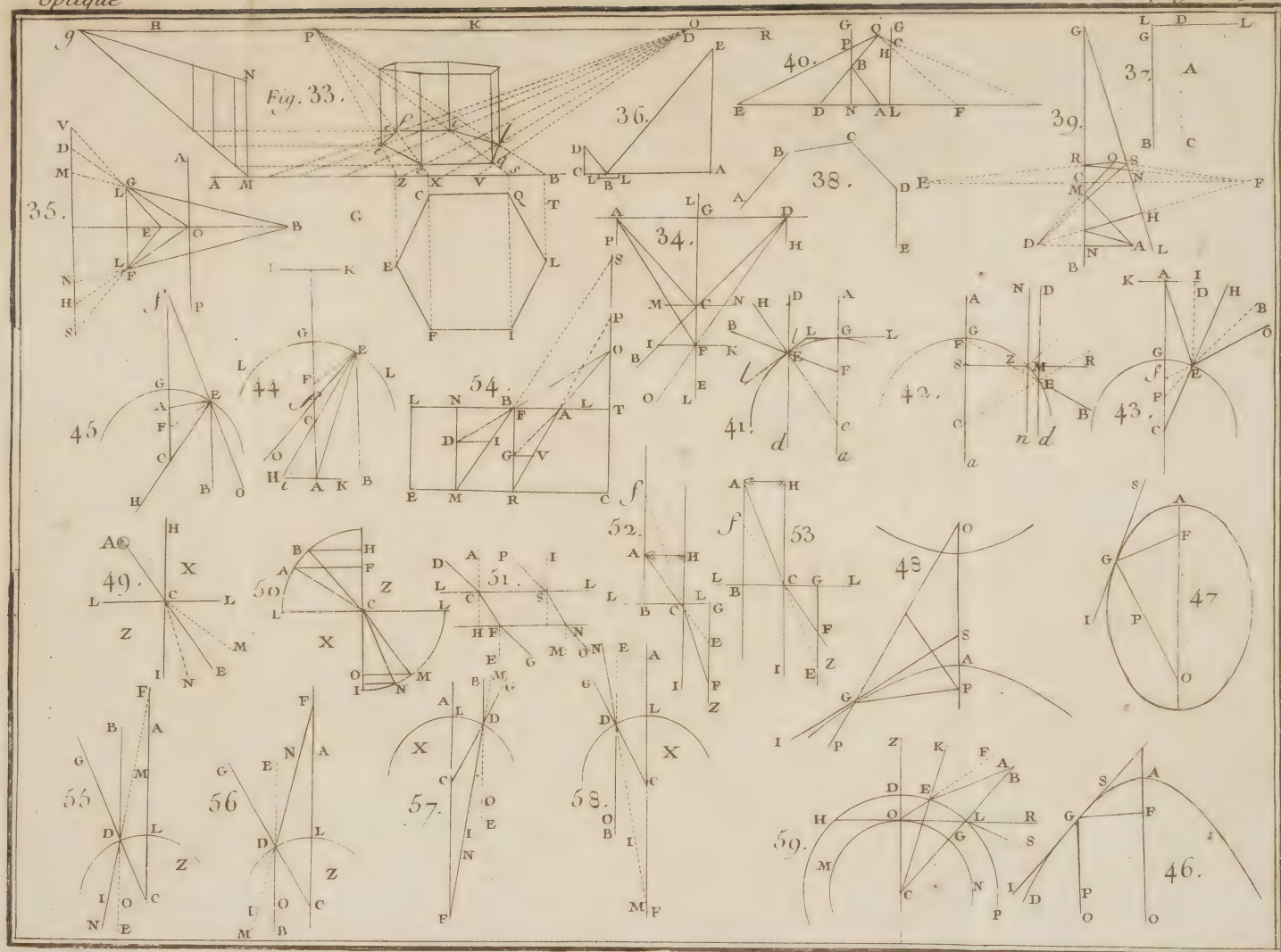
28. Un autre effet très remarquable qui à son principal dans la refraction de la lumiere à la rencontre de l'atmosphère, est que le cone d'ombre de la terre qui devoit être privé de toute clarté, se trouve cependant éclairé, comme il est aisé de s'en convaincre par les éclipses de Lune. Car cet astre qui devoit disparoître, lorsqu'une fois il est entré entièrement dans l'ombre ne laisse pas d'être encore visible, & on le distingue comme au travers d'un nuage transparent, ce qui prouve que le cone d'ombre de la terre

est éclairé de quelque lumière : or c'est la refraction qui l'y introduit. Car les rayons qui se courbent à l'entrée & à la sortie de l'atmosphère prennent leur détour vers l'axe du cône & se repandant dans l'ombre y produisent cette lueur ou clarté à la faveur de laquelle on apperçoit le corps de la Lune durant le tems qu'elle est éclipfée. La lumière ne fçauroit se détourner vers l'axe du cône d'ombre de la terre, qu'elle ne soit perdue pour l'atmosphère, & cette dissipation la rend pour ainsi dire moins transparente, & l'obscurcissement apparent augmente à un tel point que l'œil ne distingue plus la lumière qui y reste de celle qui se distribue dans le cône d'ombre, & leurs limites se confondant elles semblent également foibles : on diroit quant à l'effet, que d'un côté la terre a reçu quelque transparence & qu'elle ne s'oppose point entierement à ce que la lumière passe dans le cône d'ombre, & que de l'autre l'atmosphère a perdu de la sienne ; le mélange qui se fait de part & d'autre de la lumière & de l'ombre est tellement assorti que ce n'est plus la terre seule qui éclipse la Lune, mais la terre grossie de l'atmosphère qui l'environne ; c'est pourquoi les Astronomes après avoir calculé le diamètre du cône d'ombre de la terre, pour avoir l'ombre totale qui obscurcit la Lune durant l'éclipse, y ajoutent la partie qui est le propre effet de l'atmosphère. On entendra facilement de quelle manière la refraction obscurcit en apparence l'atmosphère, si on observe ce qui arrive en présentant une loupe ou verre lenticulaire au Soleil ou à un flambeau, la lumière se refracte de telle sorte qu'elle forme un cône qui a pour base le verre lenticulaire, si l'œil est dans cette lumière le verre paroît transparent, mais si l'œil est hors du cône de lumière le verre en paroît moins transparent, quoique placé entre l'œil & le luminaire.

*Du passage de la lumière au travers des verres  
sphériques.*

29. L'axe d'un verre sphérique est une ligne droite qui passe par les centres des deux surfaces qui les terminent, si







elles sont toutes deux sphériques ; s'il n'y en a qu'une qui soit sphérique , l'axe est une ligne qui tirée du centre de cette surface est perpendiculaire à l'autre surface qui est plane. La perpendiculaire au point d'incidence , est une ligne élevée perpendiculairement à la surface réfringente au point d'incidence , elle passe par le centre de cette surface si elle est sphérique.

30. Suppositions. 1°. Des angles qui sont très-petits sont sensiblement comme leurs sinus , par exemple , les angles de 1 , de 2 , de 3 , de 4 , de 5 deg. &c. , ont leurs sinus dans le rapport des nombres 1 , 2 , 3 , 4 , 5 &c. ; on peut s'en convaincre en ouvrant les tables des sinus ; ces sinus sont 1774 , 3490 , 5234 , 6976 , 8716 &c. : or ces nombres sont très-sensiblement comme les nombres 1 , 2 , 3 , 4 , 5 &c. Non-seulement lorsque les angles sont petits ils sont entr'eux comme leurs sinus , mais cette égalité de rapport subsiste sans aucune erreur qui tire à conséquence jusqu'à ce qu'ils aient une ouverture considérable , comme de 20 ou 30 deg.

31. 2°. Lorsque deux angles d'un triangle sont extrêmement aigus , & que par conséquent le troisième est fort obtus , les trois côtés BC , AC , AB ( *Fig. 60.* ) sont aussi dans le rapport des angles , sçavoir , les côtés BC AC dans le rapport des angles opposés , & le côté AB aux deux autres BC AC comme l'angle extérieur ACD , qui est le supplément de l'angle obtus ACB opposé , est aux angles en A & en B. Car les côtés du triangle supposé sont entr'eux comme les sinus des angles en B en A & ACD : ( 21. *Géom.* ) or ces angles étant supposés fort petits sont entr'eux comme leurs sinus ; donc les côtés BC , AC , AB sont entr'eux comme les angles en A , en B & ACD.

32. 3°. Dans un triangle rectangle ABC ( *Fig. 61. 62.* ) dont l'un des angles , sçavoir , BAC est fort aigu , si du sommet de cet angle on tire des lignes à la base BC prolongée ou non , elles la diviseront en parties proportionnelles aux angles qu'elles formeront entr'elles & avec le côté AB de l'angle droit B. Car les parties BE , BD ,

BC feront les tangentes des angles BAE, BAD, BAC en supposant que AB est le sinus total : or ces angles étant extrêmement petits suivant la supposition seront entr'eux comme les tangentes, car les tangentes de même que les sinus sont comme les angles lorsque les angles sont petits, c'est ce qui paroît encore aux yeux en ouvrant les tables des sinus. Cela posé, on aura les proportions BD est à BC comme l'angle BAD est à l'angle BAC ; & retranchant les antecedens des conséquens, comparant ensuite les antecedens avec les reste, on aura ( 9. *Arih.* ) BD, est à DC comme BAD est à DAC. On aura aussi par la même moyen BE est à ED, comme l'angle BAE est à l'angle EAD.

33. On fera usage de ces suppositions pour abréger ce qu'il y a à sçavoir de la refraction de la lumière dans son passage à travers les verres sphériques, & pour déterminer les points de concours ou de divergence des rayons qui partent d'un point radiant après qu'ils ont été rompus ou réfractés. Si ce point est à une distance infinie, les rayons qui en viennent sont parallèles entr'eux, & s'il est sur l'axe du verre ils sont parallèles au même axe : si le point radiant est à une distance finie, les rayons incidens divergent entr'eux & font des angles sensibles ; il peut même se faire que par quelque cause particulière ils tombent sur un verre étant convergens, ou tendent vers un point : or le peu d'ouverture qu'on donne aux verres eu égard à la grandeur des diamètres des sphères dont ils sont des portions, est cause que les rayons incidens font des angles assez petits avec les perpendiculaires au points d'incidence ; d'ailleurs la refraction ne détermine pas tous les rayons qui viennent d'un point radiant à concourir en un même point, il n'y en a que peu qui s'amassent ou se détournent de la sorte vers un même point ; sçavoir, ceux qui sont près des axes des pinceaux ou cones de lumière ; car dans chaque cone de lumière qui part d'un point radiant, il y a un rayon qui traverse le verre sans se rompre ou bien s'il se plie en y entrant il se redresse en sortant de même que



s'il passoit à travers un verre plan des deux côtés (V. 9.) & c'est ce rayon qui est comme l'axe du cône & sur lequel les autres rayons ont leur point de concours ou de divergence : mais il n'y a que ceux qui en sont proches qui prennent leur détour vers ce point ; de sorte que pour avoir les points de concours ou de divergence & le lieu de l'image, il suffit de considérer les rayons qui sont près des axes : c'est encore pour cette raison que les rayons incidens sont des angles fort petits avec les perpendiculaires d'incidence. On peut donc supposer sans erreur sensible que les sinus des angles d'inclinaison & de refraction qui sont comme 3 & 2 lorsque la lumière passe de l'air dans le verre, & comme 2 à 3 lorsqu'elle passe du verre dans l'air, sont comme ces mêmes angles, & qu'ils sont par conséquent comme 3 & 2 ou comme 2 & 3, selon que la lumière passera de l'air dans le verre ou du verre dans l'air. Ces suppositions qui sont reçues du commun des Opticiens, outre qu'elles sont appuyées de preuves, n'ont aucune difficulté qui doive arrêter. Sur ce fondement on va démontrer la proposition suivante qui est générale, elle a rapport à tous les verres sphériques & elle s'étend à tous les cas des rayons de la lumière parallèles divergens ou convergens.

## PROPOSITION GÉNÉRALE.

34. *Si un rayon de lumière traverse un verre terminé par deux surfaces sphériques ou par une surface plane, & par une autre sphérique l'angle que le rayon rompu fait avec le rayon incident prolongé, est la moitié de l'angle que font entr'elles les perpendiculaires au point d'incidence.*

On n'a tracé qu'une figure pour chaque verre, la démonstration s'étend à tous les cas sans qu'il soit nécessaire de les énoncer en particulier. Afin de ne pas fatiguer l'imagination il sera bon de n'avoir d'abord les yeux que sur une figure.

BD (Fig. 63. 64. 65. 66. 67.) est le rayon inci-

dent prolongé en E, DCO ou CDO la première perpendiculaire au point d'incidence D, KDN ou DKN la seconde perpendiculaire au même point D; les centres des surfaces sphériques sont en CK, celui de la première est en C, celui de la seconde en K, AL est l'axe du verre. DG est le rayon rompu à la rencontre de la première surface, DF le rayon rompu à la seconde surface, EDO est le premier angle d'inclinaison, GDO le premier angle de refraction. GDN le second angle d'inclinaison, FDN le second angle de refraction, GDE le premier angle réfracté, GDF le second angle réfracté.

Suivant ces dénominations l'angle FDE est l'angle que le rayon rompu DF fait avec le rayon incident BDE & qu'il faut démontrer égal à la moitié de l'angle ODN formé par les perpendiculaires d'incidence. Le rayon BD passant de l'air dans le verre s'approche de la perpendiculaire d'incidence DCO ou CDO de manière que le sinus de l'angle d'inclinaison EDO est au sinus de l'angle de refraction GDO comme 3 à 2; (V. 5.) mais parce que l'angle EDO est supposé très-petit, les angles EDO, GDO eux-mêmes seront entr'eux comme 3 & 2 suivant la 1<sup>re</sup> supposition; ainsi l'angle EDO étant conçu divisé en trois parties égales, GDO en contiendra 2, & l'angle réfracté EDG en contiendra une; on aura donc d'abord cette première égalité  $EDG = \frac{1}{2}GDO$ . Le rayon rompu DG venant à rencontrer la seconde surface sphérique rentrera dans l'air en s'écartant de la perpendiculaire d'incidence KDN ou DKN, & le sinus de l'angle d'inclinaison GDN sera au sinus de l'angle de refraction FDN comme 2 est à 3; (V. 5.) & parce que ces angles sont supposés petits ils seront eux-mêmes dans le rapport de 2 à 3; (suivant la première supposition) donc l'angle GDN étant conçu divisé en deux parties égales, l'angle réfracté GDF en contiendra une, & l'on aura cette seconde égalité  $GDF = \frac{1}{2}GDN$ ; ajoutant cette seconde égalité à la précédente, le premier membre au premier membre, & le second au second, on aura  $EDG + GDF = \frac{1}{2}GDO$ .

+  $\frac{1}{2}$ GDN : or la somme des deux premiers angles constitue l'angle FDE que le rayon rompu DF fait avec le rayon incident BD prolongé en E, & la somme des deux autres angles est égale à la moitié de l'angle ODN formé par les perpendiculaires au point d'incidence D, donc l'angle FDE est égal à cette moitié.

35. Il y a des cas où au lieu d'ajouter les deux égalités, il faudra retrancher l'une de l'autre, comme dans l'exemple de la figure 57 qui représente un menisque, dans laquelle il faut retrancher GDF de EDG &  $\frac{1}{2}$ GDN de  $\frac{1}{2}$ GDO pour avoir  $FDE = \frac{1}{2}ODN$ . Car puisqu'on a ces deux égalités  $GDE = \frac{1}{2}GDO$  &  $GDF = \frac{1}{2}GDN$ , retranchant GDF de GDN &  $\frac{1}{2}GDN$  de  $\frac{1}{2}GDO$ , on aura cette seconde égalité  $GDE - GDF = \frac{1}{2}GDO - \frac{1}{2}GDN$  : or  $GDE - GDF = FDE$ , &  $\frac{1}{2}GDO = \frac{1}{2}ODN + \frac{1}{2}GDN$ ; mettant ces valeurs au lieu de  $GDE - GDF$  & de  $\frac{1}{2}GDO$ , on aura  $FDE = \frac{1}{2}ODN + \frac{1}{2}GDN - \frac{1}{2}GDN$ ; & par conséquent  $FDE = \frac{1}{2}ODN$ . C'est-à-dire que l'angle formé par le rayon incident BDE prolongé, & par le rayon rompu DF est égal à la moitié de l'angle ODN formé par les perpendiculaires DCODKN au point d'incidence D. Pour démontrer la proposition on a seulement supposé que le rayon incident BD tomboit sur le verre au point D; or dans son incidence il peut être parallèle à l'axe AL, ou émaner d'un point de cet axe, ou tendre vers un point du même axe: mais puisque sans exprimer aucune de ces conditions on ne laisse pas de démontrer la proposition, il s'ensuit que la démonstration est générale & qu'elle comprend tous les cas; & si on en veut prendre la peine on l'appliquera avec une égale facilité à chacun en particulier.

36. *Corollaires.* 1°. L'angle ODN formé par les perpendiculaires d'incidence demeurant le même l'angle que le rayon incident BDE fera avec le rayon rompu DF sera toujours le même, mais l'inclinaison du rayon DF à l'égard de l'axe variera selon que l'incident BD sera parallèle, convergent ou divergent, & selon que les angles

de convergence ou de divergence seront plus ou moins grands.

37. 2°. Un verre ayant deux surfaces, il n'importe laquelle on expose à la lumière, tant que l'incidence sera la même, ou que le rayon incident sera situé de même à l'égard de l'axe, & à l'égard des perpendiculaires d'incidence le rayon rompu  $DF$  sera aussi situé de même à l'égard de l'axe  $AL$ , & il aura son point de concours ou de divergence également distant du verre, ainsi la refraction totale est la même soit que l'on tourne l'une ou l'autre des deux surfaces à la lumière ou vers l'objet qui rayonne. Dans ce second corollaire on suppose que les verres ont une très-petite épaisseur eu égard aux demi diamètres des surfaces sphériques, en sorte que les deux points d'incidence se confondent sensiblement en un même point. Pour déterminer le point de concours ou de divergence du rayon rompu  $DF$  avec l'axe, on supposera d'abord que le rayon incident  $BD$  est parallèle, dans cette supposition on fait la construction & la préparation suivante.

38. *Préparation pour déterminer le point de concours ou de divergence du rayon rompu  $DF$  en supposant que le rayon incident  $BD$  est parallèle à l'axe. (Fig. 68. 69. 70. 71.)*

1°. Dans la détermination suivante on n'aura point égard à l'épaisseur du verre, c'est-à-dire qu'on la considérera comme nulle par rapport aux demi diamètres qui servent à tracer les surfaces sphériques; ainsi on regardera  $KL$  ou  $KI$  comme étant égales à  $KD$ , &  $CI$  comme égale à  $CD$ . 2°. Le rayon incident  $BD$  étant supposé très-près de l'axe, l'angle  $CDN$  ou  $ODN$  formé par les perpendiculaires d'incidence sera très-petit, & l'angle  $EDP$  que le rayon rompu  $DMF$  ou  $MDF$  fera avec le rayon incident  $BD$  prolongé vers  $E$  en fera la moitié (suivant la proposition générale), donc si du centre  $C$  de la première surface on mène  $CN$  perpendiculaire à l'axe, & qui prolongée ou non rencontre en  $E$  le rayon  $BD$  prolongé s'il le faut,



& le rayon rompu DMF ou MDF prolongé aussi en P s'il le faut, la partie EP sera la moitié de CN (suivant la troisième supposition n° 32.) puisque l'angle EDP est la moitié de l'angle ODN, (propo<sup>c</sup> générale) & DI parallèle à CN sera égale à EC. (2. Géom.) 3°. Du centre K de la seconde surface on menera KS parallèle à CN ou perpendiculaire à l'axe, laquelle rencontre le rayon incident BD prolongé s'il est nécessaire en S, & après avoir pris sur l'axe IR égale à KI, c'est-à-dire, égale au demi diamètre de la seconde surface, on menera SR qui coupera DI en deux parties égales au point H, car de même que RI est la moitié de RK, ainsi IH est la moitié de KS ou de ID. Cela posé.

39. Je dis que SR prolongé s'il le faut passe par le point P de la partie EP qui est la base de l'angle EDP ou EDF formé par le rayon incident BDE, & le rayon rompu DMF ou MDF; ou ce qui est la même chose que le point V où la ligne SR rencontre la ligne CN prolongée ou non est le même que le point P. Il faut considérer les triangles semblables CKN IKD, & ESV DSH. Les deux premiers (8. Géom.) donnent cette proportion, CN. ID :: CK. IK, & parce que ES = CK & DS = IK; (2. Géom.) on a aussi CN. ID :: ES. DS; & (8. Arith.)  $\frac{1}{2}$  CN ou EP.  $\frac{1}{2}$  ID ou DH :: ES. DS. Les triangles semblables ESV DSH donnent aussi cette proportion EV. DH :: ES. DS; d'où l'on conclut (14. Arith.) que les deux rapports de EV à DH, & de EP à DH étant égaux au rapport de ES à DS sont égaux entr'eux; donc l'on a cette autre proportion EV. DH :: EP. DH: or dans cette proportion les grandeurs EV EP ont même rapport à DH, donc elles sont égales; (28. Arith.) donc le point V est le même que le point P. Donc la ligne SR passe par le point P où le rayon rompu rencontre la base de l'angle EDF ou EDP.

40. Remarq. On peut aussi étendre la construction précédente aux verres plan convexe & plan concave (Fig. 72. 73.) en les considérant comme des menisques dont

une des surfaces sphériques, sçavoir, celle qui est plane & un demi diamètre d'une longueur infinie ; pour lors les points KR feront infiniment éloignés du verre, de même que KS ; & DI fera encore coupée par SR en deux parties égales ; mais parce qu'alors CI est infiniment petite par rapport à KI ou IR, il s'ensuit que CE est infiniment proche de DI, c'est pourquoi RS coupant DI en deux parties égales, elle coupe aussi CN en deux parties égales au point V ; d'ailleurs l'angle EDP formé par les rayons incident BDE & rompu DMF ou MDF est la moitié de l'angle ODN formé par les perpendiculaires d'incidence ; ( propof. génér. ) ; donc ( supposition troisième n. 32. ) CN est aussi coupée en deux parties égales au point P par le rayon rompu ; donc EV EP sont une même ligne ; donc SR passe par le point P où le rayon rompu rencontre la base EP de l'angle EDP. Mais on peut démontrer dans ces deux verres le point de concours ou de divergence F sans recourir à la construction générale.

*Détermination du point de concours ou de divergence  
F des rayons rompus, lorsque les rayons incidents  
sont parallèles à l'axe.*

41. On emploiera les triangles semblables KRS ; ESP, & les triangles semblables IDF EPD. Les deux premiers triangles donnent le rapport de EP à KS ou à son égale DI égal au rapport de ES ou de CK à KR ; ( 8. Géom. ) or suivant les deux autres triangles le rapport de EP à DI est aussi égal à celui de DE ou de CI à FI, ( 8. Géom. ) donc le rapport de CK à RK est égal à celui de CI à FI. ( 14. Arith. ) Cela étant on remarquera qu'aux verres convexes ou concaves des deux côtés ( Fig. 68. 69. ) CK est la somme des demi diamètres des surfaces sphériques ; mais si le verre est menisque ( Fig. 70. 71. ) CK est la différence des demi diamètres. Donc on aura le point de concours ou de divergence F par cette proportion la somme ou la différence des demi diamètres des surfaces sphériques est au diamètre KR de l'une d

ces surfaces, comme le demi diamètre  $CI$  de l'autre est à la distance cherchée  $FI$ ; & après avoir doublé les antécédens  $CK$  &  $CI$ , on aura encore cette proportion la somme ou la différence des diamètres est à l'un des diamètres, par exemple,  $KR$  comme l'autre diamètre est à la distance cherchée  $FI$ .

42. Les verres plan convexe & plan concave peuvent être considérés comme des menisques dont une des surfaces sphériques a un demi diamètre d'une longueur infinie; c'est la surface plane que l'on peut regarder comme telle; elle sera concave dans le verre plan convexe, & convexe dans le verre plan concave. Cela étant le point de concours ou de divergence  $F$  sera distant du verre d'une longueur égale au moindre des deux diamètres. Car l'un des diamètres étant infini, le moindre diamètre sera nul à son égard, donc le double de  $CK$  qui est la différence des diamètres sera égale au diamètre d'une longueur infinie, par conséquent si  $KR$  (*Fig. 72. 73.*) représente ce diamètre les deux premiers termes de la proportion précédente seront égaux; donc les deux derniers, sçavoir, le double de  $CI$  &  $FI$  seront aussi égaux, donc la distance du point  $F$  au verre sera égale au moindre des diamètres. Ce qui est d'ailleurs évident par la proposition générale. Car suivant cette proposition le rayon rompu ou son prolongement divise l'angle  $ODE$  ou  $ODN$  formé par les perpendiculaires d'incidence en deux parties égales, puisque l'angle  $EDP$  qu'il fait avec le rayon incident  $BD$ , prolongé s'il le faut, est la moitié de l'angle  $ODN$ , & que d'ailleurs le rayon incident est sur une des perpendiculaires d'incidence; donc  $EP$  ou  $NP$  est la moitié de  $CE$  ou de  $CN$  ou de  $DI$ ; par conséquent comme  $EP$  est la moitié de  $DI$ , ainsi  $ED$  ou  $CI$  est la moitié de  $FI$ , ce qui est évident à cause des triangles semblables  $EDP$   $IFD$ : par conséquent le point de concours ou de divergence  $F$  est distant du verre plan convexe ou plan concave d'un diamètre de la surface sphérique. M. de la Hire donne en peu de mots la construction précédente pour les seuls verres convexes, j'ai

essaié de l'appliquer aux autres verres, & j'ai vû qu'elle étoit générale.

Corollaires. 1°. Si les surfaces spheriques ont des diamètres égaux, la somme des diamètres sera double de chacun, donc l'un d'eux sera double de la distance FI; par conséquent le point F sera éloigné du verre d'un demi diamètre, donc il tombera au centre C ou K.

43. 2°. Si les diamètres des surfaces sont inégaux, la somme des deux sera plus grande que le double de l'un, & moindre que le double de l'autre; donc un des diamètres sera plus grand que le double de FI, & l'autre diamètre moindre: si on suppose que la premiere surface, c'est-à-dire celle que le rayon incident BD rencontre la premiere, a le moindre demi diamètre CI, le point F sera plus éloigné du verre que n'est le centre C; mais si cette surface avoit le plus grand des deux diamètres, le point F seroit entre le centre & le verre.

44. 3°. Si le verre est menisque (*Fig. 70. 71.*) le point de concours ou de divergence F sera d'autant plus éloigné du verre que la différence CK sera petite par rapport à CI; ce qui est évident à cause de la proportion  $CK.KR :: CI.FI$  ou  $CK.CI :: KR, FL$ , en sorte que si CK étoit infiniment petite par rapport à CI, KR seroit aussi infiniment petite par rapport à FI, & le point de concours ou de divergence F seroit à une distance infinie du verre, ou ce qui est la même chose le rayon BD sortiroit du verre parallèle à l'axe. En effet si la différence CK étoit nulle les deux surfaces spheriques seroient égales & parallèles; donc le rayon BD après s'être plié en traversant la premiere il se redresseroit à la rencontre de la seconde en rentrant dans l'air comme il a été dit au sujet d'un verre plan des deux côtés. Si la différence CK augmente, le point F (*Fig. 70.*) s'approchera du verre, en sorte que si CK est, par exemple, double de CI, le point F sera au centre K ou distant du verre d'un demi diamètre de la surface spherique concave. Car CK étant double de CI, KR qui est le diamètre de cette surface sera double de FI. Ce



qu'on peut encore déduire d'une autre manière en supposant que la surface convexe est exposée à la lumière. Car le rayon incident  $BD$  en entrant dans le verre se rompra vers l'axe, & le rencontrera en un point  $F$  distant de cette surface de trois demi diamètres; (V. 19) donc le rayon rompu  $DF$  sera sur le demi diamètre  $DK$ , puisque  $CK$  est double de  $CI$ , & que  $IK$  est triple de  $CI$ ; donc le rayon  $DF$  rompu à la rencontre de la première surface sera perpendiculaire à la seconde, donc il rentrera dans l'air sans se rompre une seconde fois; par conséquent si  $CK$  est double de  $CI$  le point  $F$  sera au centre  $K$ . Si la différence  $CK$  est plus que double de  $CI$ , le point  $F$  sera entre les deux centres  $CK$ ; & si la différence  $CK$  devient infiniment grande par rapport à  $CI$ , pour lors le menisque ne différant plus d'un verre plan convexe, le rayon rompu coupera l'axe à la distance d'un diamètre de la surface convexe. Dans la (Fig. 71.) la différence  $CK$  est moindre que  $CI$ , donc le diamètre  $KR$  de la surface concave sera moindre que  $FI$ ; par conséquent le point de divergence  $F$  sera toujours plus distant du verre que d'un diamètre de la surface concave; mais la différence  $CK$  augmentant la distance  $FI$  diminuera, comme il paroît par la proportion, en sorte que le point  $K$  étant à une distance infinie,  $CK$  sera à peu près égale à  $CI$ : pour lors le diamètre  $KR$  sera aussi égal à  $FI$  & le point de divergence sera distant du verre d'un diamètre de la surface sphérique concave. En effet pour lors le verre ne différera point d'un verre plan concave, puisque le rayon  $CI$  de la surface convexe aura une longueur infinie.

45. Le point  $F$  est appelé *le foyer des paralleles* ou *le foyer absolu*, mais parce que les rayons paralleles après leur double réfraction peuvent être convergens ou divergens pour distinguer l'un de ces points de l'autre, on appelle le point de divergence *le foyer négatif*, & le point de convergence simplement *le foyer* ou *le foyer absolu*: les verres convexes des deux côtés, les plans convexes, & les menisques dont la convexité a le moindre demi diamètre ont

un foyer absolu ; & les verres concaves de chaque côté , plans concaves & les menisques dont la concavité a le moindre demi diamètre ont un foyer négatif. Le point de concours F des rayons rompus est appelé le foyer , parce que la lumière qui vient d'un point du Soleil , s'amassant en ce point après avoir traversé un verre sphérique a la force de bruler , & parce que les verres convexes des deux côtés amassent la lumière plus parfaitement que les menisques & que les verres plans convexes , on les appelle par préférence verres ardents , lorsqu'ils sont assez grands pour amasser autant de lumière qu'il en faut pour bruler. On voit de ces verres qui ont jusqu'à 3 ou 4 pieds de largeur , leur vertu est la même que celle des miroirs ardents.

46. Pour déterminer la distance FI du foyer au verre , on n'a point tenu compte de l'épaisseur parce que les verres ordinaires en ont peu , eu égard aux diamètres des sphères dont leurs surfaces sont des portions , mais si elle étoit grande , comme s'il s'agissoit de trouver la longueur du foyer d'une sphère , pour lors l'épaisseur étant égale au diamètre de la sphère même , on ne pourroit point la négliger. Voici comment on détermine la distance FI des rayons incidens BD parallèles à l'axe ACL, ( *Fig. 74.* ) elle est égale au quart du diamètre de la sphère. Car le rayons incident BD parallèle à l'axe en entrant dans le verre se détournera vers le même axe , & il iroit le couper au point G distant du sommet A de trois demi diamètres s'il ne devoit pas se rompre une seconde fois ( *V. n. 19.* ) donc le point G auquel le rayon rompu BDG prolongé tend , est distant du centre C d'un diamètre , donc GI ou GO est un demi diamètre , donc le triangle GOC est isocèle , & les angles en GC sont égaux , ( *6. Géom.* ) & l'angle extérieur GON est double de chacun : ( *5 Géom.* ) or le rayon rompu BO rencontrant une seconde fois la surface de la sphère au point O s'éloignera en sortant de la perpendiculaire CON , & coupant l'axe au point F fera avec la perpendiculaire CON l'angle de réfraction FON qui sera à l'angle d'inclinaison GON comme 3 est à 2 ;

(V. n. 33.) donc l'angle d'inclinaison GON étant conçu divisé en deux parties l'angle FOG en vaudra une, c'est-à-dire qu'il sera la moitié de l'angle GON; or on vient de voir que l'angle G est aussi la moitié de GON; donc le triangle FOG est isoscele; donc les côtés GF FO sont chacun la moitié du demi diamètre GO ou GI; donc la distance FI ou FO du foyer F à la sphere est le quart du diamètre.

*Détermination du point de concours ou de divergence G après la double réfraction, lorsque les rayons incidents viennent d'un point de l'axe & qu'ils sont sensiblement divergens. (Fig. 75. 76. 77. 78. 79. 80.)*

47. *Préparation.* Les rayons incidents sont supposés venir du point A. Il faut prendre sur l'axe le point f autant distant du verre que l'est le foyer F des paralleles, & tirer fD au point d'incidence D, & prolonger s'il le faut vers S le rayon incident ADS ou ASD, & le rayon BD prolongé vers E s'il est nécessaire, étant toujours supposé un rayon incident parallele à l'axe, il faut mener DF au foyer F, & ce sera le rayon rompu qui lui correspond, ou son prolongement; & DG étant supposé le rayon rompu de l'incident AD. Pour déterminer le point de concours ou de divergence G, il faut faire attention aux triangles semblables FGD, DGA, & AfD. 1°. Le triangle FGD est semblable au triangle DGA; car l'angle G est commun, & l'angle GDF est égal à l'angle GAD. Ce qui se prouve ainsi. L'angle EDF que le rayon incident BDE parallele à l'axe fait avec le rayon rompu DF est la moitié de l'angle ODN formé par les perpendiculaires d'incidence KDN OCD; (prop. gen. n. 34.) or l'angle GDS formé par le rayon incident ADS ou ASD, & le rayon rompu DG est aussi la moitié de l'angle ODN par la proposition générale; donc l'angle EDF est égal à l'angle GDS; si dans les figures 75. 77. 79. on retranche de part & d'autre la partie commune EDG, & si dans les figures 76. 78. 80. on retranche la partie commune SDF, les restes, sçavoir

les angles EDS & FDG seront égaux; de plus l'angle EDS est égal à l'angle GAD, à cause des parallèles GA BDE ou BED; ( 27. *Géom.* ) donc l'angle GAD est égal à l'angle GDF. D'où il suit que les troisièmes angles ADG DFG sont égaux. ( 5. *Géom.* ) Je dis encore que les triangles AfD ADG sont semblables, l'angle A est commun, & l'angle ADG est égal à l'angle AfD. Car le triangle FDf étant isoscele par la construction, les angles en F & f sont égaux, or l'angle ADG vient d'être démontré égal à l'angle DFG; donc l'angle AfD & l'angle ADG sont égaux. Donc on aura cette proportion  $Af.fD :: AD.DG$ . Considérant le point f comme le foyer, puisqu'il est autant distant du verre que le foyer F, on pourra énoncer ainsi cette proportion. La distance de l'objet au foyer est à la distance du foyer au verre, comme la distance de l'objet au verre est à la distance du verre au point de concours ou de divergence G.

48. Si des rayons SDA ( *Fig. 81. 82.* ) au lieu de venir d'un point de l'axe tendent à un point A du même axe, on trouvera le point G par une construction & par un raisonnement semblables à ce qui vient d'être dit. Car on aura toujours le triangle FGD semblable aux triangles DGA, fDA; d'où l'on conclura que ces deux derniers sont semblables & que  $Af.fD :: AD.DG$ .

49. Si le rayon SD ( *Fig. 83.* ) tend au point f de l'axe autant distant d'un verre qui écarte les rayons que l'est le foyer négatif des parallèles, il sortira du verre parallèle à l'axe. Car dans la proposition  $Af.fD :: AD.DG$ , le premier terme Af devenant nul ou infiniment petit par rapport à fD, puisqu'on suppose que le rayon incident tend au point f, il s'ensuit que AD sera infiniment petite par rapport à DG; donc le point G sera à une distance infinie; donc DG qui tend à ce point sera parallèle à l'axe. On peut dire encore que le rayon incident doit faire avec le rayon rompu un angle égal à la moitié de l'angle ODN que font les perpendiculaires d'incidence, ou égal à l'angle BDF que le rayon incident BD parallèle à l'axe fait



avec DF prolongement du rayon rompu, ( prop. gén. ) lequel est égal à l'angle DFf ou DfF ; donc l'angle que SDf fera avec le rayon rompu sera égal à l'angle DfF, il sera donc égal à EDf qui est son alterne ; donc le rayon qui tend au point f, après la double réfraction sera sur BDE, donc il sortira parallèle à l'axe.

50. Considérons les déplacements qui arrivent au point G ( Fig. 83. ) à mesure que le point A auquel les rayons incidens SDA tendent se meut sur l'axe. 1°. Si le verre est concave des deux côtés ou plan concave, & que le point A tombe au point f, les rayons rompus seront parallèles à l'axe comme il vient d'être dit. Si le point A s'éloigne du point f en s'approchant du verre, le point de concours G s'en approchera aussi, mais il en sera toujours plus éloigné que A, jusqu'à ce que le point A touchant le verre le point G le touche aussi. Car au moment que le point A touchera le verre, fA sera égale à FD ; donc AD sera égale à DG : ainsi tandis que le point A parcourra l'espace qui est entre le point f & le verre, le point de concours G parcourra un espace infini en s'approchant toujours ; si le point A est plus distant du verre que le point f, le rayon rompu sera divergent. Car si le rayon incident SDA tendoit au point f, le rayon rompu seroit parallèle à l'axe ; & si le point A étoit entre le verre & le point f, le rayon rompu DG seroit convergent ; donc si le point A est plus distant du verre que le point f le rayon rompu sera divergent : ainsi le point de divergence G & le point A seront de différens côtés par rapport au verre ; & tandis que le point A parcourra un espace infini en s'éloignant du verre, le point de divergence G parcourra aussi un espace infini en s'approchant, en sorte que le point de tendence A étant à une distance infinie, le point de divergence sera au foyer négatif F.

51. Si les rayons incidens au lieu de tendre à un point A de l'axe ( Fig. 76, 78, 80. ), viennent de ce point, & qu'ils tombent sur un verre qui disperse ou écarte les rayons, le point de divergence G ne peut parcourir que

l'espace qui est entre le foyer F & le verre ; car lorsque le point A est à une distance infinie , le point G est au foyer F ; & si le point A s'approche ensuite du verre , il est évident que Af sera toujours plus grande que Df ; donc AD sera aussi plus grande que DG , donc à quelque distance que le point A soit , le point G sera toujours plus près du verre ; ce ne sera qu'au moment que Af sera égale à Df , & AD égale à DG , que ces deux points en seront également éloignés ; mais lorsque  $Af = Df$  , pour lors le point A touche le verre de même que le point G ; ainsi le point de divergence G ne parcourt que l'espace qui est entre le foyer F & le verre , tandis que le point radiant A parcourt un espace infini.

52. Si des rayons divergens d'un point de l'axe tombent sur un verre qui amasse la lumière ( Fig. 75 , 77 , 79. ) , le point de concours G s'éloignera du foyer F , à mesure que le point radiant A , que l'on suppose plus distant du verre que le point f , s'en approchera ; en sorte que Af devenant égale à Df , AD sera égale à DG. Si le point A s'approche d'avantage , Af étant moindre que Df , AD sera moindre que DG ; & si Af devient infiniment petite par rapport à Df , en sorte que le point radiant A soit au point f ; pour lors AD sera infiniment petite par rapport à DG , ainsi le rayon rompu DG ne concourra avec l'axe qu'à une distance infinie ; il sortira par conséquent du verre parallèle à l'axe ; donc tandis que le point radiant parcourt un chemin infini en s'approchant du verre , le point de concours G parcourt aussi un espace infini en s'éloignant. Si le point radiant A s'approche d'avantage du verre , les rayons rompus cessant d'être parallèles seront divergens , car les rayons incidens venant d'un point plus près que n'est le point f , seront trop écartés pour qu'ils puissent concourir après s'être rompu ; ainsi de convergens qu'ils étoient d'abord ils deviennent parallèles à l'axe , & ensuite divergens ; en sorte que si le point radiant qu'on suppose entre le verre & le point f est si près de ce point que Af soit comme infini-

ment petite par rapport à  $Df$ ,  $AD$  fera aussi infiniment petite par rapport à  $DG$ ; donc le point de divergence  $G$  sera à une distance infinie; mais à mesure que le point radiant  $A$  s'approchera d'avantage du verre,  $Af$  augmentera par rapport à  $Df$ , donc  $AD$  augmentera aussi par rapport à  $DG$ , & le point de divergence  $G$  s'approchera du verre; & lorsque  $Af$  fera égale à  $fD$ , & que le point radiant  $A$  touchera le verre,  $AD$  sera aussi égale à  $DG$ . Par conséquent le point de divergence  $G$  le touchera aussi. Donc tandis que le point radiant  $A$  parcourt l'espace qui est entre le point  $f$  & le verre, le point de divergence  $G$  parcourt un espace infini.

53 On a dit que si les rayons incidens divergent du point  $f$  qui est autant distant du verre que le foyer  $F$ . Les rayons sortent du verre paralleles à l'axe. Outre la raison qu'on en a apportée tirée de la proportion, on peut encore le prouver de la même manière qu'on a démontré, que si des rayons incidens tendent à un point  $f$  de l'axe d'un verre concave autant distant que l'est le foyer  $F$ , ils sortent aussi paralleles à l'axe. Le raisonnement étant le même, on n'insiste pas d'avantage.

54. Si des rayons  $SD$  tendent à un point  $A$  de l'axe (Fig. 81.) le point de concours  $G$  fera plus près du verre que le foyer  $F$ . Car puisque l'angle  $ADG$  est égal à l'angle  $EDF$ , (prop. gen.) & que d'ailleurs  $DA$  est situé entre l'axe &  $DE$ , il faut que le point  $G$  soit plus près du verre que le point  $F$ , donc le point  $A$  s'approchant du verre, le point de concours  $G$  des rayons rompus s'en approche de même. Si le point de tendence  $A$  s'éloigne, le point de concours s'éloigne aussi, de manière qu'il reste toujours entre le verre & le foyer  $F$ , où il parvient lorsque le point de tendence  $A$  est à une distance infinie: ainsi tandis que ce point parcourt un espace infini, le point de concours  $G$  ne parcourt que l'espace qui est entre le verre & le foyer  $F$ .

*Détermination des points de concours ou de divergence  
des rayons qui viennent de points hors de l'axe  
du verre.*

55. Ce qui vient d'être dit de la réfraction de la lumière à travers les verres sphériques est seulement pour les rayons, qui étant parallèles ou inclinés à l'axe ont après la double réfraction leurs points de concours ou de divergence sur l'axe même. Mais il y a d'autres rayons incidens inclinés à l'axe que la double réfraction détourne vers d'autres points qui ne sont point dans l'axe. Car autant qu'il y a de points radiants dans un objet qui envoie de la lumière sur un verre, autant il y a de points de concours ou de divergence après la réfraction. Il suffira de considérer les rayons incidens qui viennent d'un de ces points, par exemple, de l'une des extrémités de l'objet. Ces rayons sont parallèles entr'eux si le point radiant est à une distance infinie, ou bien ils sont divergens, si le point radiant est assez près du verre pour qu'ils fassent entr'eux des angles sensibles; enfin ils peuvent tendre à un même point. Pour déterminer les points vers lesquels la double réfraction les plie, on observera qu'entre les rayons incidens qui forment le cône ou la pyramide de lumière qui a pour base le verre, il y en a un qui se réfracte de manière qu'il sort parallèle à lui-même ou à son incidence, de même que si la lumière traversoit un verre plan. Car les surfaces d'un verre sphérique étant composées d'une infinité de petites surfaces planes différemment inclinées les unes à l'égard des autres, il y en a qui sont parallèles entr'elles, de sorte que si un rayon qui tombe sur une de ces petites surfaces se détourne par la première réfraction vers l'autre petite surface parallèle, il se redressera en sortant du verre, & ce fera comme s'il n'avoit point été rompu, c'est-à-dire qu'il sera parallèle à son incidence comme il a été prouvé: (V. 9.) or ce rayon doit être considéré comme l'axe des autres rayons incidens qui partent du même point, puisqu'il se redresse & qu'il reprend sa première situation; ainsi



leur point de divergence ou de convergence doit être sur ce rayon , de même que les rayons qui partent d'un point de l'axe ont le leur sur le rayon qui est couché sur l'axe du verre. Cela étant , puisque la loi de la réfraction est la même pour tous les rayons , en sorte que chaque rayon incident fait avec le rayon rompu un angle égal à la moitié de l'angle des perpendiculaires d'incidence , il s'ensuit que les rayons parallèles entr'eux & obliques à l'axe doivent avoir leur concours ou leur divergence sur leur propre axe , autant distant que l'est le foyer des rayons parallèles à l'axe du verre ; & que si deux points radians également éloignés l'un sur l'axe & l'autre à côté envoient de la lumière sur un verre , les rayons de l'un & de l'autre auront aussi leur point de concours ou de divergence à la même distance : or on peut toujours déterminer celui des rayons parallèles à l'axe , donc le lieu de celui-ci étant connu , on aura par son moyen le lieu de l'autre.

56. Pour appercevoir que les surfaces des verres sphériques ont certaines parties qui sont parallèles entr'elles. Supposons que les centres C , K ( *Fig. 84.* ) en sont également éloignés , ou que leurs demi diamètres sont égaux ; il est certain que si des points EL également distans de l'axe CK , on tire de part & d'autre des tangentes Ee Ll elles seront parallèles ; or les points d'attouchement représentent les petites surfaces en EL , & les tangentes leur situation ; donc les petites surfaces en EL sont parallèles. Cela posé , si un rayon AL rencontre la première surface en L , il pourra se rompre de manière qu'il aille rencontrer la seconde surface au point de contingence E ; cela étant , en sortant du verre il se redressera , & le rayon rompu EG fera parallèle à l'incident AL , ce sera donc de même que si le rayon AL avoit traversé le verre en ligne droite : or entre une infinité de rayons qui venant d'un point couvrent la première surface du verre , on peut bien supposer qu'il y en a un qui se réfracte de la manière qu'il vient d'être dit ; par conséquent ce sera comme l'axe vers lequel les autres rayons se plieront , & sur lequel ils au-

ront leur point de divergence ou de convergence. Cela posé.

57. Considérant le rayon  $ALG$  comme un axe, les rayons  $ID$  qui lui sont parallèles, après leur double réfraction auront leur point de concours  $G$  autant distant que le foyer  $F$ ; car le rayon incident  $BD$  parallèle à l'axe  $KC$  du verre se détourne après la double réfraction vers le foyer  $F$  ou  $C$ , distant d'un demi diamètre de l'une ou de l'autre convexité si elles sont égales; & si elles sont inégales on a la distance  $DF$  ou  $MF$  en employant la proportion de l'article V. n. 41. Cela posé,  $DF$  rayon rompu de l'incident  $BD$  concourt à la distance  $DF$  avec l'axe  $KC$ , parce qu'il fait avec l'incident  $BDH$  l'angle  $FDH$  égal à la moitié de l'angle  $ODN$  formé par les perpendiculaires d'incidence: or le rayon rompu  $DG$  fait aussi avec l'incident  $IDS$ , l'angle  $GDS$  qui est pareillement la moitié de l'angle  $ODN$ , par conséquent le rayon rompu  $DG$  rencontre l'axe  $AMG$  en un point  $G$ , autant distant du verre que l'est le foyer  $F$  des rayons parallèles à l'axe du verre.

58. L'égalité des distances des points de concours  $G$   $F$  étant fondée sur ce que les angles que les rayons rompus font avec les rayons incidens sont la moitié des angles formés par les perpendiculaires d'incidence, & sur la supposition qu'entre les rayons qui viennent d'un point il y en a un qui traverse le verre comme s'il ne se rompoit point, parce qu'il se redresse; il est visible que ce qu'on vient de dire peut-être appliqué à tous les verres; & que comme il est vrai que les rayons qui viennent de deux points infiniment éloignés ont après la double réfraction leurs points de concours ou de divergence également distans du verre, de même si deux points radians envoient de la même distance des rayons qui soient sensiblement divergens, ils seront aussi détournés par la double réfraction vers deux autres points qui seront également éloignés du verre: or par les principes qu'on vient d'établir on peut toujours trouver le point de concours ou de divergence des rayons

qui viennent d'un point de l'axe ; donc par le même moyen on aura la distance de celui des rayons qui viendront d'un autre point également éloigné.

*Des Images que peint la lumière réfractée par un verre sphérique convexe.*

59. La lumière qui vient de divers points d'un objet après s'être réfractée à la rencontre d'un verre convexe d'un ou de deux côtés s'amasse en autant d'autres points & y forme une image ; & parce que les points que les pinceaux peignent s'entresuivent dans le même ordre que dans l'objet , & que d'ailleurs les variétés & les nuances des couleurs y sont gardées , il est aisé de juger que l'image est ressemblante à son objet , mais elle est renversée ; car elle est comprise entre les rayons qui venant des extrémités de l'objet font l'office d'axes ; ( Les axes des pinceaux optiques ou des pyramides de la lumière qui vient des différens points d'un objet , font suivant le nombre 55. de l'article V. des rayons , qui après leur double réfraction sortent des verres qu'ils traversent comme s'ils n'avoient point été rompus , ou parallèles à leur incidence , & sur lesquels se réunissent les autres rayons des pyramides dont ils font les axes. ) Or ces axes se coupent vers le milieu de l'épaisseur du verre ; donc ce qui est du côté droit de l'objet se peint à la gauche , & ce qui est du côté gauche se peint à la droite ; la partie supérieure dans l'objet devient la partie inférieure de l'image , & la partie inférieure la partie supérieure ; donc l'image est renversée. On ne la voit distinctement & bien terminée qu'en excluant toute lumière étrangère qui venant à se mêler avec la lumière réfractée en troubleroit les fonctions : c'est pourquoi l'expérience ne réussit à souhait que dans une chambre obscure , où il n'entre d'autre lumière que celle qui traverse le verre. Elle est plus petite ou plus grande selon que l'objet est plus ou moins éloigné ; & elle est la plus petite lorsque l'objet est à une distance infinie , & la plus grande lorsque l'objet est éloigné du verre de la distance du foyer. Ces divers change-

mens qui arrivent à la grandeur de l'image, procèdent de ce qu'il se forme deux angles opposés qui ont leur sommet en dedans du verre au point où les axes se coupent; l'un a pour base le diamètre ou la largeur de l'objet, & l'autre le diamètre de l'image. Si l'objet s'éloigne l'angle diminue, & l'image s'approche du sommet ou du verre; elle est donc d'autant plus petite qu'elle plus proche du sommet, & que les côtés de l'angle sont plus courts: or lorsque l'objet est à une distance infinie l'angle est le plus petit, & l'image est la plus proche qu'elle puisse être du sommet de l'angle ou du verre, donc elle est alors la moindre. Mais si l'objet s'approche du verre, l'angle augmente, & l'image s'éloigne du sommet ou du verre; donc il y a deux raisons d'augmentation l'ouverture de l'angle plus grande, & la distance au sommet devenue aussi plus grande. Si l'objet arrive au foyer l'angle est pour lors le plus grand qu'il se puisse, & l'éloignement de l'image est infini, puisque les rayons rompus ne concourent alors qu'à une distance infinie; donc l'image est alors la plus grande qu'elle puisse être. Si l'objet s'approche d'avantage du verre les rayons deviennent divergens & l'image disparoît: cependant quoiqu'ils ne peignent aucune image au-dehors puisqu'ils vont en s'écartant, ils peuvent en peindre une au fond de l'œil comme font les rayons qui sont réfléchis par un miroir plan, & alors l'œil voit à travers le verre une fausse image ou une apparence de l'objet dans l'endroit de la divergence des rayons, comme il en voit une au-delà du miroir d'où les rayons réfléchis semblent venir. Il y a cette différence que l'objet vu par réflexion n'est point au-delà du miroir comme il est au-delà du verre sphérique qui réfracte la lumière; néanmoins l'œil ne le voyant point dans l'endroit où il est, à cause du déplacement apparent produit par la réfraction, on peut dire que ce n'est point tant l'objet qui est visible que son apparence, laquelle est une fausse image, parce qu'il n'y a aucune peinture réelle là où les rayons sont divergens.

60. Les verres plans concaves & concaves des deux côtés



côtés écartent la lumière & rendent les rayons plus divergens qu'ils n'étoient ; donc la lumière réfractée ne peut point peindre au-dehors d'image , mais elle en peut peindre une sur la retine , comme il vient d'être dit , & alors l'œil voit l'objet ou son image dans l'endroit d'où les rayons paroissent partir. Les propositions qui ont servi à déterminer le lieu où se fait la convergence ou la divergence des rayons déterminent aussi le lieu de l'image vraie ou fautive. Car l'image se trouve dans l'endroit où les rayons rompus concourent , & elle paroît dans l'endroit d'où les rayons rompus semblent diverger.

*De la vision à travers les verres sphériques.*

61. L'œil peut regarder à travers un ou plusieurs verres sphériques. En général les verres qui aident la vûe sont appelés lunettes ; elles sont simples ou composées ; on se sert des lunettes simples pour voir distinctement les objets qui sont à une médiocre distance , ou bien pour découvrir ceux qui à cause de leur extrême petitesse échapperoient à la vûe simple, les verres qui servent à ce dernier usage sont appelés *microscopes*. Il y en a de simples & de composés. Les lunettes simples qui aident la vûe dans les occupations ordinaires de la vie sont appelées simplement lunettes. Celles qui sont composées de deux ou d'un plus grand nombre de verres , & avec lesquelles on regarde les objets éloignés sont appelées lunettes de longue vûe ; lunettes d'approche , *telescopes* ; cette dernière dénomination convient principalement aux lunettes des Astronomes lorsqu'ils observent les Astres.

*Les Lunettes simples ordinaires.*

62. Il y a deux choses à considérer dans un objet qu'on regarde avec une lunette simple ordinaire, sa grandeur & sa situation. Un objet peut paroître avec une lunette simple plus ou moins grand , ou de même grandeur qu'à la vûe simple, il peut paroître droit ou renversé. La grandeur réelle & véritable d'un objet c'est l'espace qu'il occupe

suivant la triple dimension de l'étendue , elle est toujours la même ; la grandeur apparente c'est la grandeur réelle ou véritable en tant qu'elle est apperçûe des yeux ; elle varie selon l'éloignement , ou selon l'ouverture de l'angle visuel auquel l'objet sert de base. Cette grandeur est encore modifiée par l'interposition d'une lunette , de sorte que la grandeur à la vûe simple & la grandeur avec une lunette sont deux grandeurs apparentes fort différentes l'une de l'autre ; pour les distinguer on nommera grandeur vraie ou véritable , la grandeur à la vûe simple , & grandeur apparente celle que l'œil apperçoit à l'aide d'une lunette.

63. Tous les verres sphériques qui amassent la lumière ont des effets semblables , car les verres plans convexes & les menisques , dont la surface convexe a le moindre demi diamètre , plient la lumière comme feroit un verre convexe des deux côtés ; les longueurs ou les distances des foyers de ces verres étant données , on peut toujours trouver un verre lenticulaire qui réfracte la lumière de même. Ce qui est dit des verres plans convexes & des menisques par rapport aux verres convexes de chaque côté , il faut l'entendre des verres plans concaves & des menisques dont la concavité a le moindre demi diamètre ; il faut l'entendre , dis-je , par rapport aux verres concaves des deux côtés : c'est pourquoi il suffit de considérer la vision au travers des seuls verres convexes & concaves des deux côtés , parce que les autres verres peuvent être rapportés à l'une ou à l'autre de ces deux espèces. On supposera encore que dans un triangle dont un des angles est fort obtus , les angles sont comme leurs sinus , ou que le grand côté est aux deux autres , comme l'angle aigu qui est le supplément de l'angle obtus , est aux deux autres angles.

64. On déterminera les grandeurs véritable & apparente par les angles visuels qui se forment au centre de la prunelle ; sçavoir , la grandeur véritable sera mesurée par l'angle visuel que forment les rayons directs qui viennent des extrémités , & la grandeur apparente le sera par l'angle visuel que font entr'eux les rayons rompus , dont les

incidens viennent aussi des extrémités. On supposera que l'œil est sur l'axe du verre, & il pourra avoir trois positions principales; se trouver au foyer, être entre le foyer & le verre, ou bien être plus éloigné du verre que le foyer.

*De la vision à travers un verre convexe des deux côtés. (Fig. 85. 86. 87. 88.)*

65. BS représente le demi diamètre de l'objet qui envoie de la lumière sur le verre X, BF en est l'axe, F le foyer, O ou G le lieu de l'œil ou de la prunelle, SD un rayon incident, qui venant de l'extrémité S se détourne par la double réfraction vers l'œil & va rencontrer la prunelle au point O ou G; ainsi l'extrémité S sera vûe au moyen du rayon rompu DO. A l'égard du milieu B de l'objet, comme il est sur l'axe du verre, il sera vû au moyen du rayon direct BF; car ce rayon étant perpendiculaire aux deux surfaces du verre, le traverse sans se rompre: cela étant, la grandeur apparente de l'objet BS sera mesurée par l'angle DOM que l'axe & le rayon rompu DO forment entr'eux; & si de l'extrémité S on tire à l'œil O la ligne droite SO, elle représentera le rayon direct, au moyen duquel l'extrémité S est visible du point O: ainsi les rayons visuels BO SO étant directs, l'angle BOS ou MON mesurera la grandeur véritable, donc la grandeur apparente sera à la grandeur véritable comme l'angle DOM est à l'angle MON,

66. 1°. Si l'œil est au foyer F (Fig. 85.) la grandeur apparente sera à la véritable comme SO est à DO; c'est-à-dire, comme la distance de l'œil à l'objet est à sa distance au verre. Pour le démontrer on observera que l'œil étant au foyer F, le rayon rompu DO ne peut y tendre à moins que le rayon incident SD ne soit parallèle à l'axe; (V. n. 41. 45.) donc l'angle EDO formé par le rayon SD prolongé & par le rayon rompu DO est égal à l'angle DOM, & l'angle BOS ou MON est égal à l'angle DSO, (27. *Geom.*) donc les grandeurs apparente & véritable DOM, MON sont égales aux angles EDO, DSO du triangle DOS: or ces angles étant supposés assez

petits sont entr'eux comme OS & OD, (V. n. 31.) donc ces grandeurs sont entr'elles comme les distances de l'œil à l'objet & au verre.

67. On remarquera que quelque grand que soit l'éloignement de l'objet BS, la grandeur apparente mesurée par l'angle DOM, demeurera égale à elle-même, car l'extrémité S fera apperçûe au moyen d'un rayon incident SD parallèle à l'axe & l'intervalle qui sera entre deux sera toujours le même, puisqu'il est mesuré par le demi diamètre BS, donc le point d'incidence D sera toujours également éloigné du point M où l'axe traverse le verre; donc l'angle DOM ne changera point quelque puisse être l'éloignement de l'objet; la grandeur apparente en elle-même sera donc invariable: mais le rapport de cette grandeur à la véritable changera par les divers éloignemens de l'objet parce que l'angle MON variera continuellement; il augmentera si l'objet s'approche du verre, & il diminuera si l'objet s'éloigne; & lorsqu'il sera à une distance infinie, l'angle DOM & le côté OS étant comme infiniment grands par rapport à l'angle MON & au côté OD, la grandeur apparente sera infinie par rapport à la véritable. L'œil étant au foyer l'objet paroît droit. Car le rayon rompu DO vient à l'œil du même côté que se trouve le point S qu'il rend visible; donc il doit paroître à la droite où il est; par conséquent si l'œil est au foyer, il voit les objets droits.

68. 2°. Si l'œil est entre le verre & le foyer F, (Fig. 86. 87. 88.) ou s'il est plus distant du verre que le foyer, pour avoir le rapport de l'angle DOM à l'angle MON, il faut trouver le point A de l'axe d'où le rayon incident DS paroît venir ou auquel il tend. Car l'œil étant sur l'axe & voyant le point S au moyen du rayon rompu DO, la situation du rayon incident est déterminée en elle-même, mais il faut la trouver. Si l'œil est entre le foyer & le verre, le rayon rompu DO (Fig. 86.) ne peut rencontrer l'axe au point O à moins que le rayon incident SD ne tende à un point A plus éloigné que n'est le foyer



F, comme il a été démontré. ( V. n. 54. ) Si l'œil est plus distant du verre que n'est le foyer F, ( Fig. 87. 88. ) pour que le rayon DO aille rencontrer la prunelle, il faudra que le rayon incident DS prolongé ou non rencontre l'axe en un point A. Car il n'y a que les rayons incidens qui viennent ou qui semblent venir d'un point de l'axe, qui après la double réfraction coupent l'axe en deçà du foyer où l'œil se trouve : or dans ce second cas il peut arriver, à cause de la situation de l'œil, que le point A d'où le rayon incident paroît venir soit au delà ou en deçà de l'objet BS. Dans tous ces différens cas on trouvera la distance du point de tendence ou de divergence A, en employant les triangles semblables ADG FDG des fig. 75. 77. 81. que l'on a démontré semblables ; ( V. n. 47. 54. 48. ) & supposant que l'œil O est au point G où le rayon rompu DG coupe l'axe, on trouvera la distance AO ou AG du point de tendence ou de divergence A par cette proportion FG ou FO est à OD ou GD comme OD ou GD est à OA ou GA ; c'est-à-dire que le point de concours G étant supposé connu, on cherchera le point A de tendence ou de divergence en renversant la proportion des nomb. 47. 48. Cela posé, on aura le rapport de la grandeur apparente DOM à la grandeur véritable MON en comparant l'une & l'autre ou les angles qui les mesurent à l'angle DAM, sous lequel l'œil verroit l'objet BS s'il étoit au point A, & la raison qui résultera de cette double comparaison sera composée ; les triangles ADO AOS la donneront en supposant encore comme au nombre 31 de l'article V, que dans un triangle dont deux angles sont fort aigus, & le troisième par conséquent fort obtus, les deux angles aigus sont entr'eux comme les côtés opposés, & que l'angle aigu qui est le supplément de l'angle obtus est aux deux angles aigus, comme le côté opposé à l'angle obtus est aux côtés opposés aux angles aigus. Cela posé, le triangle ADO donnera cette proportion DOM : DAO :: DA : DO. Le triangle AOS donnera cette autre proportion DAO . MON :: OS . AS. Multipliant par ordre

les termes de ces proportions , & divisant les deux premiers produits par le multiplicateur commun DAO , on aura  $DOM.MON::OS\times AD.OD\times AS$ . C'est-à-dire que la grandeur apparente DOM est à la véritable MON en raison composée des distances OS , OD de l'œil à l'objet & au verre , & des distances AD , AS du point de divergence ou de tendance A au verre & à l'objet. Ces distances étant connues , puisque les distances FO , OD de l'œil au foyer & au verre , lesquelles font trouver la distance AD sont données , & que d'ailleurs on sçait à quelle distance l'objet BS est placé , on aura le rapport de la grandeur apparente à la véritable en formant les produits  $OS\times AD, OD\times AS$ .

69. 4°. Si l'œil est entre le foyer F & le verre, (Fig. 86) & que l'objet soit à une distance mediocre , la grandeur DOM variera selon que l'œil s'éloignera ou s'approchera du foyer , & elle surpassera toujours la véritable jusqu'à ce que l'œil touche au verre ; & la différence sera d'autant plus grande qu'il sera plus près du foyer. Car si l'œil est près du foyer la distance AD sera fort grande , en sorte que si l'œil étoit au foyer elle seroit infinie , donc si l'œil est près du foyer , AD sera presque égale à AS , parce que la différence BM des distances du point A au verre & à l'objet sera petite , eu égard au grand éloignement du point A ; donc on pourra considérer ces deux distances comme étant égales , donc les deux produits  $OS\times AD, OD\times AS$  étant divisés par les distances égales AD AS , les grandeurs DOM , MON seront comme les distances OS , OD de l'œil à l'objet & au verre ; c'est ce qu'on avoit déjà conclu. Mais à mesure que l'œil s'approchera du verre en s'éloignant du foyer , le point de tendance A s'en approchera d'une vitesse incroyable , puisqu'il doit parcourir une espace infini , tandis que l'œil ne parcourt que l'espace compris entre le foyer F & le verre. ( V. n. 54. ) Donc le rapport de AD à AS deviendra de plus en plus petit ; il est vrai que le rapport de OS à OD augmentera à mesure que l'œil s'éloignant du foyer s'approchera

du verre, mais il augmentera moins que l'autre ne diminuera : ainsi le rapport des produits  $OS \times AD$ ,  $OD \times AS$  diminuera à mesure que l'œil s'approchera du verre, donc la grandeur apparente  $DOM$  diminuera de même, de telle sorte que l'œil touchant au verre elle sera égale à la grandeur apparente  $MON$ . Car pour lors les grandeurs  $AD$   $OD$  seront nulles ; donc les deux produits  $OS \times AD$ ,  $OD \times AS$  seront entr'eux comme  $OS$   $AS$  qui seront aussi des grandeurs égales ; donc les produits  $OS \times AD$ ,  $OD \times AS$  étant pour lors égaux, la grandeur apparente  $DOM$  sera égale à la véritable  $MON$  : en effet, lorsqu'on regarde un objet à travers un verre lenticulaire qui touche l'œil, on ne le voit pas plus grand qu'à la vûe simple.

70. Il est évident que l'œil étant entre le foyer & le verre, l'objet paroît droit. Car le rayon rompu  $DO$  qui avertit l'œil de la présence du point radiant  $S$ , vient du même côté que ce point se trouve ; si le point  $S$  est à la droite, l'impression vient de la droite & l'œil l'y rapporte : c'est pourquoi l'objet paroît droit.

71. 2°. Si l'œil est plus éloigné du verre que n'est le foyer  $F$ , (*Fig. 87. 88.*) le rayon rompu  $DO$  agira comme si le rayon incident venoit d'un point  $A$  de l'axe ; & plus l'œil sera éloigné du foyer, plus le point de divergence  $A$  sera près du verre, ce qui est évident par la proportion  $OF$  ou  $GF$  est à  $OD$  ou  $GD$ , comme  $OD$  ou  $GD$  est à  $AO$  ou  $GA$  : ainsi  $OF$  augmentant par rapport à  $OD$ ,  $OD$  augmentera par rapport à  $AO$  ou  $GA$  ; donc le point  $A$  s'approchera à mesure que l'œil s'éloignera du foyer : il pourra donc se faire que l'œil soit à une telle distance du foyer que le point  $A$  soit plus près du verre que n'est l'objet  $BS$  ; pour lors le rayon incident  $SAD$  passant de la droite à la gauche, & se rompant vers  $DO$  (*Fig. 88.*) fera impression sur l'œil comme venant de la gauche, & l'objet semblera renversé. Si l'œil est près du foyer, le point de divergence  $A$  (*Fig. 87.*) pourra être au-delà de l'objet ; pour lors le rayon incident  $SD$ , & le rayon rompu  $DO$  seront du même côté de l'axe que le point radiant  $S$  ; donc l'impression

que l'œil en recevra viendra du côté que ce point se trouve ; donc l'objet paroîtra droit.

72. Tant que le point de divergence A fera au-delà de l'objet BS, c'est-à-dire tant que l'objet paroîtra droit, la grandeur apparente DOM surpassera la véritable MON, & elle augmentera à mesure que l'œil s'éloignera du foyer. Car OS étant plus grande que OD, & AD plus grande que AS, il est nécessaire que le produit  $OS \times AD$  soit plus grand que le produit  $OD \times AS$  ; donc la grandeur apparente surpassera la véritable ; & parce que l'œil s'éloignant du foyer le point A s'approche du verre & du point radiant S, le premier de ces produits augmentera par rapport au second, de telle sorte que le point A étant comme infiniment proche du point S, le produit  $OS \times AD$  fera comme infiniment grand par rapport au produit  $OD \times AS$  ; c'est pourquoi ce sera le moment où le rapport de la grandeur apparente à la véritable sera le plus grand qu'il se puisse. Ainsi tant que l'objet est droit, il paroît plus grand qu'il n'est, soit que l'œil se trouve entre le foyer & le verre, ou au foyer, ainsi qu'il a été démontré, ou en-deçà du foyer comme il paroît par ce qu'il vient d'être dit. Si après que le point de divergence A s'est approché de l'objet jusqu'à le toucher, l'œil continue de s'éloigner du foyer & du verre, le point A s'en approchera d'avantage ; pour lors les rapports de OS à OD, & de AD à AS diminueront, de même que celui du produit  $OS \times AD$  au produit  $OD \times AS$  ; donc la grandeur apparente diminuera ; & parce que AD peut diminuer, & AS augmenter à un tel point par l'éloignement de l'œil, que le produit  $OS \times AD$  devienne égal au produit  $OD \times AS$ , ou même plus petit ; la grandeur apparente diminuera aussi jusqu'à être égale à la grandeur véritable, & si l'œil continue de s'éloigner, elle deviendra même moindre de plus en plus. Donc l'objet ne paroît égal à lui-même ou moindre qu'il n'est, qu'après qu'il s'est renversé.



*La Lunette concave.*

73. On supposera encore que l'œil est sur l'axe. Dans cette supposition il faudra que le rayon rompu DO (Fig. 89.) qui rend le point S visible reponde à un incident SD, qui tende à un point A de l'axe situé entre le verre & le point *f* autant distant que l'est le foyer négatif des parallèles : car selon le nombre 50 de l'art. V., tandis que le point O qui représente l'œil, ou le point de concours G du rayon rompu DG parcourt un espace infini, le point de tendence A ne parcourt que l'espace qui est entre le verre & le point *f*; de sorte que si le point A se trouve plus distant du verre que n'est le point *f*, pour lors le rayon rompu DG devient divergent, ce qui obligerait l'œil de s'éloigner de l'axe pour recevoir ce rayon, ce qui détruirait la supposition qu'il est sur l'axe: il est donc nécessaire que le rayon incident SD tende au point A, situé entre le verre & le point *f*. Pour lors (Fig. 89.) la proportion  $GF : GD :: GD : GA$  fondée sur les triangles semblables GDF GDA, ou la même proportion (Fig. 90.)  $OF$  ou  $GF$ .  $OD$  ou  $GD :: OD$  ou  $GD$ .  $GA$  ou  $OA$  démontre que l'œil est toujours plus éloigné du verre que le point A. Cela étant le rayon incident SD qui tend au point A sera situé entré l'axe BO & le rayon direct SNO; donc le rayon rompu DO de l'incident SD sera situé entre l'axe BO & le rayon direct SNO; d'où il suivra que la grandeur apparente DOM fera moindre que la véritable MON, quelle que puisse être la situation de l'œil O sur l'axe, donc la lunette concave diminue les objets. Les triangles ADO, AOS serviront encore à déterminer le rapport de ces deux grandeurs. Le triangle ADO donnera cette proportion  $DOM . DAM :: AD . OD$ . & le triangle AOS cette autre  $DAM . MON :: OS . AS$ , multipliant par ordre, & divisant les deux premiers produits par DAM, on aura  $DOM . MON :: OS \times AD . OD \times AS$ .

74. Si l'objet BS est fort éloigné & l'œil à une distance médiocre, les distances AS OS seront sensiblement

égales ; c'est pourquoi les grandeurs DOM & MON seront comme les distances AD du point A , & OD de l'œil au verre. Si l'œil s'éloigne du verre considérablement & que l'objet en soit assez près , pour lors OD & OS pourront être des grandeurs sensiblement égales ; c'est pourquoi les grandeurs apparentes & véritables seront entr'elles dans le rapport des distances AD , AS du point A au verre & à l'objet. D'où l'on voit que plus l'œil s'éloignera , plus la grandeur apparente diminuera , parce qu'alors le rapport de OD à OS approchera d'avantage du rapport d'égalité.

75. Il est évident que l'objet paroît droit , car le rayon rompu DO va rencontrer l'œil & fait son impression comme venant du même côté qu'est situé le point radiant S , donc l'objet paroît droit.

*De la réfraction de la lumiere dans l'œil.*

76. Après ce qui a été dit de la réfraction de la lumiere . il est aisé de juger comment est-ce qu'elle se réfracte en traversant les trois humeurs de l'œil , pour peindre sur la retine les images des objets. Les rayons incidens BD étant supposés parallèles à l'axe ACO tombent d'abord sur la cornée HS , & pénétrant dans l'humeur aqueuse s'approchent de la perpendiculaire d'incidence , & tendent au point G de l'axe , distant de la surface spherique de 4 demi diamètres ou de 2 diamètres du globe de l'œil ; car la lumiere passant de l'air dans l'eau , l'angle d'inclinaison est à celui de réfraction comme 4 à 3 ; ainsi l'angle BDL ou DCK étant exprimé par 4 , l'angle de réfraction CDG le sera par 3 , & l'angle réfracté GDP par 1 : or l'angle G est égal à l'angle réfracté ; ( 27. Géom. ) donc il est aussi exprimé par 1 ; de plus dans le triangle CDG les côtés sont comme les angles , donc le côté CD sera au côté DG comme l'angle G est à l'angle DCK ; donc le côté CD est le quart du côté DG , puisque l'angle G est le quart de l'angle DCK. Le rayon rompu DG rencontrera ensuite la premiere surface du cristallin au point E ,

& fera avec la perpendiculaire d'incidence CE l'angle CEG, & parce que l'humeur aqueuse est moins dense que la cristalline, le rayon incident EGS'approchera de la perpendiculaire CE, & tendra à un point F de l'axe plus près du cristallin que n'est le point G : on pourroit déterminer la distance de ce point, si la convexité du cristallin & le rapport de la réfraction de la lumière lorsqu'elle y, entre étoient connus ; il est cependant certain que le point F est hors du globe de l'œil. Le rayon rompu EF rencontrera la seconde surface du cristallin au point I, & parce que l'humeur vitrée qu'il va pénétrer est moins dense que la cristalline, il s'éloignera de la perpendiculaire d'incidence KIM, & se détournera vers O où l'axe ACO rencontre la retine dans sa surface concave, & y peindra avec les autres rayons incidens paralleles le point radiant d'où ils viennent.

77. Si les trois surfaces refringentes qui séparent les trois milieux ou les trois humeurs de l'œil étoient inflexibles comme celles du verre, le point de concours O des rayons rompus ne se feroit point constamment sur la retine, mais ce point seroit tantôt hors du globe tantôt endedans selon l'éloignement du point radiant ; plus le point radiant seroit proche plus le point O seroit éloigné ; car il est visible que l'œil fait la fonction d'un verre lenticulaire, puisque les rayons paralleles à l'axe après leurs trois réfractions concourent sur le fond de l'œil : or plus un point radiant est près d'un verre lenticulaire, plus les rayons rompus font de chemin avant que de rencontrer l'axe : donc si les trois surfaces refringentes de l'œil supposées inflexibles déterminoient les rayons paralleles à l'axe à concourir en un point de la retine, le point radiant venant à s'approcher, le point de concours des rayons rompus s'éloigneroit d'autant plus, & il cesseroit de se faire sur la retine ; donc les images qui s'y peindroient seroient confuses. Si au contraire on suppose que les surfaces refringentes de l'œil pour être trop convexes ne réunissent sur la retine que les rayons qui viennent d'un point me-

diocrement éloigné , le point de concours s'éloignera ou se fera à une plus grande distance , si le point radiant continue de s'approcher , & il se fera en-dedans entre la retine & le cristallin si le point radiant s'éloigne. Il est donc nécessaire , quelle que soit la courbure des surfaces refringentes , qu'elles soient flexibles , & qu'elles en prennent une qui soit proportionnée à la distance de l'objet , afin que le concours des rayons se puisse toujours faire sur la retine , sans quoi les images seroient confuses de même que la vision qu'elles occasionnent.

78. Il peut cependant arriver soit par un défaut de première conformation , soit par divers accidens , que les causes destinées à agir sur l'œil étant impuissantes ou trop foibles n'ayent pas la force d'en changer la figure selon le besoin , & par rapport aux divers éloignemens des choses exposées à la vûe ; pour lors il n'y auroit que les objets qui seroient à une certaine portée qu'on verroit distinctement ; ceux qui seroient en deçà ou plus proches , & ceux qui seroient en delà ou plus éloignés paroïtroient nécessairement confus , s'il n'y avoit des moyens d'obvier à cet inconvenient en suppleant ce qui manque à l'organe : or les lunettes convexes & concaves ont non-seulement la propriété de conserver la vûe & de l'entretenir dans ce qui lui reste de vigueur ; mais elles ôtent encore ou dissipent l'espece de nuage qui paroît répandu sur les objets & qui est incompatible avec la vision distincte.

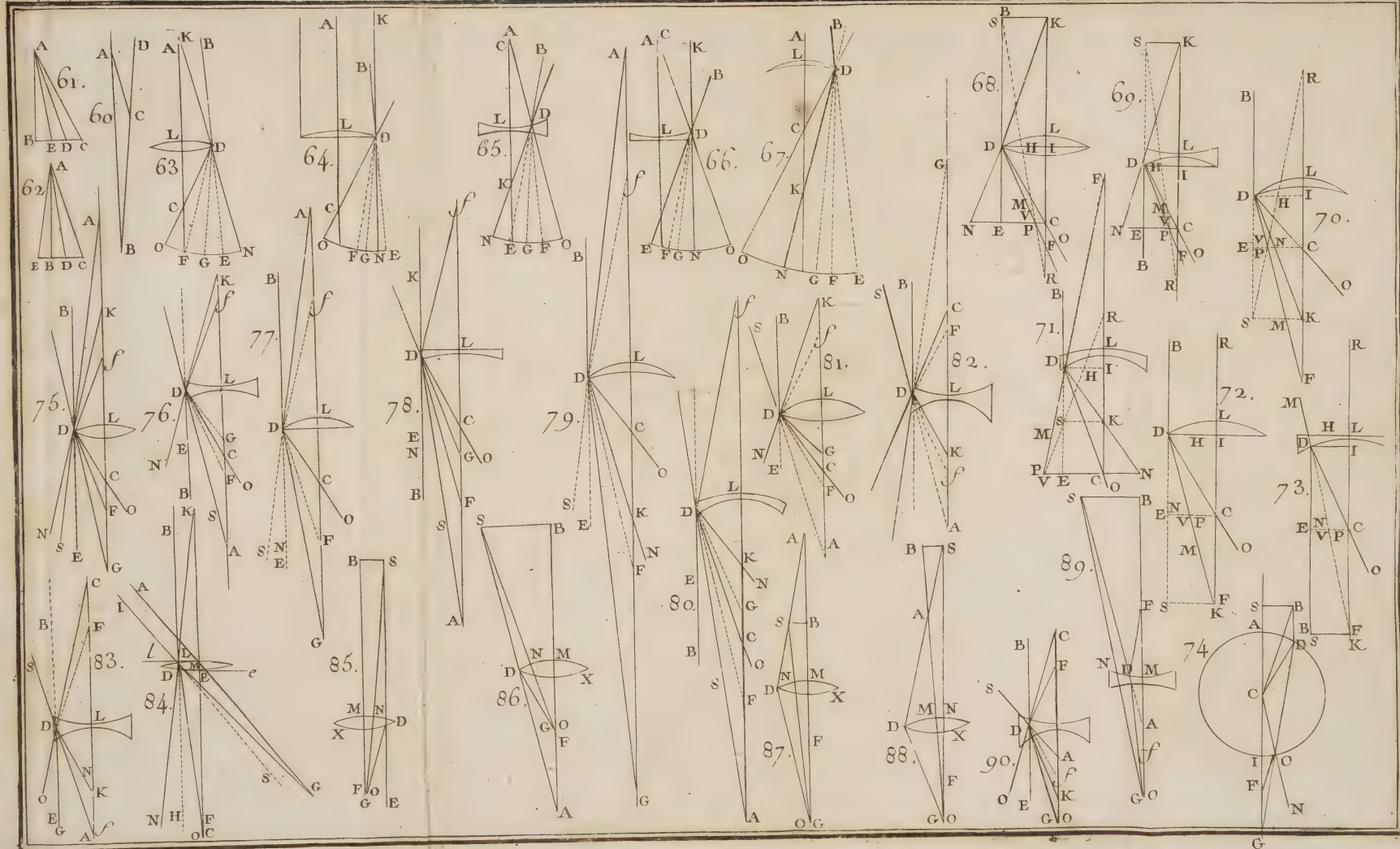
79. Supposons 1°. que la trop grande divergence des rayons incidens qui viennent d'un point radiant fort proche donne le point de concours des rayons rompus à une trop grande distance ; si on place un verre lenticulaire entre l'œil & l'objet , il rendra les rayons de la lumière convergens ou moins divergens : or des rayons qui entrent dans l'œil étant déjà convergens ou moins divergens , après la triple réfraction ont leur point de concours plus proche que s'ils y entroient plus divergens ; donc on pourra trouver une convexité de verre , telle quelle rapproche assez le point de concours des rayons rompus pour qu'il se



faſſe précifément ſur la retine : pour lors l'image ſera nette & diſtincte , parce que chacun de ſes points répondra à un point diſtinct de l'objet. Suppoſons en ſecond lieu que le point radiant ſoit fort éloigné , le point de concours des rayons rompus ſera plus proche & l'éloignement pourra être ſi grand , que le concours ſe faſſe entre la retine & le criſtallin ; pour lors les rayons après avoir concouru iront en s'écartant , & tomberont ſur la retine étant divergens : ſi on place un verre concave entre l'œil & l'objet , les rayons de la lumière après l'avoir traversé ſeront plus divergens qu'ils n'étoient avant leur incidence , & le point d'où ils paroîtront venir ſe fera approché de l'œil : or le point de concours des rayons qui traversent les trois humeurs de l'œil s'éloigne à meſure que le point radiant s'approche ; donc on pourra trouver une telle courbure de verre concave qui approche le point radiant ou le point de divergence des rayons incidens autant qu'il faut , pour que le concours des rayons rompus s'éloigne juſqu'à rencontrer la retine ; pour lors l'image qui auroit été conſuſe ſans le ſecours du verre , ſera nette & précife , & la viſion qui ſ'en enſuit ſera diſtincte.

80. Si deux verres de différentes convexités reçoivent de la lumière de deux points radiants dont ils ſont également éloignés , celui des deux qui eſt le plus convexe réunira les rayons rompus à une moindre diſtance ; car il doit réunir plus près les rayons qui viennent d'une même diſtance finie , comme il réunit plus proche ceux qui viennent d'une diſtance infinie & qui ſont parallèles à l'axe , puifque le foyer d'un verre plus convexe eſt moins diſtant que celui d'un verre qui a une moindre convexité. Cela paroît encore par la proportion dont on a fait un uſage ſi fréquent  $Af.fD::AD.DG.$  (*Fig. 75.*) Car la diſtance  $AD$  étant la même , plus un verre eſt convexe , plus le rapport de  $Af$  à  $fD$  eſt grand , parce que  $fD$  eſt d'autant plus petite ; donc le rapport de  $AD$  à  $DG$  eſt auſſi plus grand , plus le verre eſt convexe ; donc la diſtance  $DG$  où ſe fait le concours des rayons rompus eſt moindre : or l'œil

fait l'office d'un verre lenticulaire ; donc si les surfaces réfringentes d'un œil ont plus de courbure que celles d'un autre , il réunira plus près les rayons qui viennent d'une même distance , donc si la réunion se fait précisément sur la retine de l'œil le plus convexe , l'œil qui l'est le moins les réunira plus loin & hors du globe : si le point radiant s'éloigne de cet œil , le point de concours s'approchera & enfin il se fera sur la retine ; d'où il suit que la raison pourquoi certaines vûes voyent les objets proches confusément , & les éloignés distinctement ; est que l'œil ayant peu de convexité peut réunir à une petite distance , c'est-à-dire sur la retine les rayons qui viennent d'un point fort éloigné , & que cette convexité est insuffisante lorsque le point radiant est trop proche : or un verre convexe remédie à ce défaut , & supplée à ce qui manque à l'œil dans cette occasion ; par conséquent ceux qui voient les objets proches confusément & les éloignés distinctement , & que l'on appelle *presbites* , sont aidés dans la vûe par les verres convexes. De même si un point radiant est suffisamment éloigné d'un œil dont la convexité est moindre , pour que la réunion des rayons se fasse sur la retine , il sera trop éloigné pour un œil plus convexe , car la réunion des rayons rompus se faisant à une moindre distance , le point de concours sera entre la retine & le cristallin : mais si le point radiant s'approche de cet œil , le point de concours s'éloignera & il parviendra à la retine , donc la raison pourquoi certaines vûes voient les objets proches distinctement , & les éloignés confusément , est que les rayons qui viennent d'un point peu éloigné ont besoin d'une plus grande réfraction ou d'un plus grand détour , pour que la réunion s'en fasse sur la retine à quoi la plus grande convexité de l'œil est propre ; mais cette convexité est trop grande pour les rayons peu divergens qui viennent d'un point éloigné : or un verre concave obvie au trop grand éloignement de l'objet , en ce que rendant les rayons qui en viennent plus divergens , il rapproche pour ainsi dire le point radiant , & éloigne le point de concours , enforte qu'il peut se faire







sur la retine ; par conséquent ceux qui voient les objets éloignés confusément & qu'on appelle *myopes* sont aidés dans la vûe par les verres concaves.

### *Des Telescopes.*

81. Les telescopes sont des instrumens de dioptrique composés de deux, de trois & de quatre verres spheriques, mais plus ordinairement de deux ou de quatre verres. On les appelle aussi lunettes d'approche & de longue vûe, parce qu'avec leur secours on découvre des objets éloignés qu'on n'appercevroit point à la simple vûe, & qu'on voit distinctement ceux qui à cause de leur trop grande distance paroïtroient confus. Non-seulement les lunettes de longue vûe font voir distinctement les objets vers lesquels on les dirige, elles les grossissent aussi, & c'est pour cela qu'on dit qu'elles approchent, parce qu'un objet qui paroît plus grand semble s'être approché. L'invention des telescopes est fort recente, M. Huygens la met vers le commencement du dix-septième siècle. C'est plus le hasard qui a fait trouver qu'on pouvoit assembler plusieurs verres pour aider la vûe, qu'une application méditée des regles de la Dioptrique qu'on connoissoit long-tems auparavant. Le premier telescope a été composé d'un verre convexe & d'un concave. Galilée s'en est servi pour observer dans le Ciel, où il a découvert par son moyen plusieurs nouveautés. On s'apperçut dans la suite que le telescope à deux verres convexes réussissoit mieux dans les observations astronomiques que le précédent, qui ne laisse voir qu'un petit champ ou qu'une partie de l'objet, lorsque l'angle visuel est un peu grand. Il est vrai qu'il renverse les objets, mais ce n'est pas un inconvénient considérable, parce que les astres paroissent ronds en tout sens. Comme on ne s'en sert gueres que pour observer les astres, il a conservé le nom de telescope Astronomique, & le telescope à deux verres l'un convexe & l'autre concave a été nommé la lunette d'Hollande. Comme le champ qu'on peut voir avec cette lunette est petit, & que la lunette à deux verres convexes

renverse les objets, on a composé une lunette de quatre verres convexes pour les objets terrestres lesquels elle fait paroître droits. La lunette à trois verres peut avoir le même effet, mais elle a des défauts qui la font négliger, comme, par exemple, d'être sujette à faire voir du rouge vers les bords des verres. Cette couleur étant la plus vive de toutes trouble plus que toutes les autres la vision, & dérange considérablement les fonctions des rayons, qui se réfractent dans l'étendue qu'elle occupe sur les verres.

82. Le premier verre d'un telescope, sçavoir, celui qui est tourné vers l'objet est appelé l'objectif, & les autres quel qu'en soit le nombre sont appelés oculaires. L'objectif est un verre lenticulaire peu convexe, & qui a son foyer à une distance plusieurs fois plus grande que n'est la distance du foyer d'un oculaire; son principal effet est d'amasser beaucoup de lumière. Supposons qu'un verre objectif ait 6 pouces d'ouverture ou 72 lignes, & que le diamètre de la prunelle soit de 2 lignes, les diamètres seront comme 36 & 1, & leurs quarrés comme 1296 & 1. Donc si on expose ce verre à la lumière d'un objet, il en recevra 1296 fois d'avantage qu'il n'en passe par la prunelle, car les quantités de lumière qui passent par deux ouvertures circulaires sont comme ces ouvertures, & les ouvertures comme les quarrés des diamètres; or la lumière qui traverse l'objectif supposé s'amasse au foyer, & de là elle tombe sur l'oculaire qu'elle traverse, & en sortant elle pénètre dans l'œil; de sorte que si toute la lumière réfractée par l'objectif supposé passoit dans l'œil, elle feroit 1296 fois plus forte ou plus vive que ce que l'œil en recevrait s'il regardoit l'objet directement & sans l'interposition des verres. Il est vrai qu'il y a une perte considérable, soit parce que la lumière se refléchit en partie toutes les fois qu'elle pénètre un nouveau milieu, & dans le milieu même lorsqu'elle y est entrée; soit encore parce que la prunelle a toujours moins d'ouverture que l'oculaire: cependant il est vrai de dire que si toute la lumière que l'objectif reçoit de l'objet ne passe point dans l'œil,

ni même la plus grande partie, il y en passe néanmoins beaucoup plus que sans le secours des verres, ce qui est nécessaire pour voir distinctement les objets éloignés, car s'ils paroissent confus, c'est parce que la lumière directe qui en vient n'agit que foiblement sur l'organe; & s'il y en a qui disparaissent entièrement, ce n'est point tant leur petitesse apparente qui les dérobe à la vûe, que le défaut ou le manque de lumière; le peu qui en vient n'ayant point une force suffisante pour se faire sentir: or lorsqu'à l'aide d'un telescope on découvre de tels objets & qu'on les voit distinctement, c'est à la faveur de la quantité de lumière que l'objectif amasse: on verra bientôt que l'on employe l'oculaire pour augmenter l'angle visuel, & grossir par conséquent les objets. Car comme les surfaces sphériques qui le terminent sont décrites avec un demi diamètre fort petit & que le foyer en est très-proche, les réfractions y sont grandes, ce qui produit une augmentation dans l'angle visuel.

83. On est assuré par l'expérience qu'un objet fort éloigné & que l'on peut regarder comme à une distance infinie par rapport au diamètre de la prunelle, peut être aperçu distinctement à la simple vûe: or les rayons qui viennent d'un point radiant d'un tel objet sont sensiblement parallèles, & leur divergence est comme nulle: d'où l'on peut conclure que des rayons parallèles qui pénètrent les trois humeurs de l'œil peignent sur la retine des images distinctes, & qu'ils font voir les objets distinctement. On supposera donc avec fondement que si des rayons venant d'un point radiant qui est à une grande distance tombent sur l'objectif d'un telescope, & sortent ensuite du dernier oculaire parallèles entr'eux après s'être diversement rompu en traversant les verres qu'ils y ont rencontré ont une disposition suffisante pour que la vision soit distincte: c'est par rapport à cette disposition des rayons à leur sortie du telescope qu'on déterminera la situation des oculaires. A l'égard des myopes qui ont besoin que les rayons tombent sur la prunelle avec une certaine divergence, & les pres-

bites dont la vûe demande qu'ils soient déjà un peu convergens, ils auront ce qui leur est nécessaire en faisant un petit changement au dernier oculaire.

84. On ne dira rien du tuyau où l'on place les verres du telescope, on remarquera seulement qu'on le noircit en dedans, de peur que les rayons qui se rompent irrégulièrement venant à tomber sur les parois intérieures ne troublent en se refléchissant les fonctions des autres rayons : or le noir absorbe comme on sçait la plus grande partie de la lumiere lorsqu'il se rencontre dans son cours. Un autre usage du tuyau c'est d'écarter la lumiere du dehors, afin qu'il n'y ait que celle qui vient des objets vers lesquels on dirige le telescope qui ait la liberté d'émouvoir l'organe. Tout ce qu'on va dire de la construction des telescopes se réduit donc à déterminer dans quelles distances les verres doivent être placés les uns par rapport aux autres en supposant que leurs axes sont tous sur une même ligne droite.

*Le Telescope à deux verres, l'un convexe & l'autre concave. (Fig. 92.)*

85. Ce telescope, qui est le plus ancien, a été nommé la lunette d'Hollande, parce que c'est en Hollande qu'il a d'abord paru avec éclat. Sa construction est très-simple. On retranche de la longueur ou distance  $MF$  du foyer  $F$  de l'objectif  $L$ , la distance  $FO$  égale au foyer négatif  $fO$  de l'oculaire  $NI$ , le reste est donc  $MO$ . On place l'oculaire à l'extrémité inférieure  $O$  de ce reste, & les deux verres sont disposés comme ils doivent être pour faire voir les objets éloignés droits, & augmentés dans la raison des distances  $MF$ ,  $Of$  des foyers des deux verres, en sorte que si la distance  $MF$  contient 20 fois la distance  $Of$ , l'objet paroîtra 20 fois plus grand.

86. Supposons que  $BMO$  est un rayon de lumiere qui vient du milieu d'un objet fort éloigné, lequel étant perpendiculaire aux deux verres les traverse sans se rompre, il représentera leur axe commun ; & parce que l'objet est



supposé à une grande distance, les rayons qui viennent de chaque point radiant seront paralleles entr'eux; donc ceux qui viennent du milieu de l'objet seront paralleles au rayon BMO qui en vient aussi; donc ces rayons après avoir traversé l'objectif tendront à son foyer F. (V. n. 41. 45.) Les rayons qui viennent des autres points radians de l'objet seront aussi paralleles entr'eux, & à la sortie de l'objectif ils tendront vers leurs points respectifs autant distans de l'oculaire que l'est le foyer F des paralleles à l'axe; (V. n. 57.) & sans l'interposition de l'oculaire, tous ces points de concours formeroient vers  $nF$  une image distante de l'objectif de la longueur MF. Mais puisque ce verre en empêche la formation, & que d'ailleurs les rayons qui viennent de chaque point radiant tendent à un point autant distant que l'est le foyer F, il s'ensuit qu'après qu'ils auront traversé l'oculaire, ils seront en rentrant dans l'air paralleles entr'eux, comme ils l'étoient avant qu'ils rencontraient l'objectif; (V. n. 49.) par conséquent ils auront entr'eux la disposition requise pour que la vision soit distincte.

87. Secondement l'objet paroîtra droit. Supposons que SAD est un rayon qui vient du côté gauche, & qu'il rencontre l'axe au point A autant distant de l'objectif que l'est le foyer F, en sorte que AD ou AM soit égale à MF, l'incidence de ce rayon sur l'objectif étant au point D, il en sortira parallele à l'axe BMO, (V. n. 52.) & rencontrant l'oculaire NI au point N, il en sortira en prenant son cours vers NG, de telle sorte que son prolongement passera par le foyer négatif  $f$ . (V. n. 41. 45.) Les autres rayons qui viennent du côté gauche de l'objet, & du même point sortiront de l'oculaire paralleles à NG; & ceux qui entreront dans l'œil feront leur impression comme venant du côté gauche, puisqu'ils tendent tous de la gauche vers la droite; par conséquent la réfraction ne changera point la situation apparente de l'objet, donc il paroîtra droit.

88. En troisième lieu supposons que IF parallele à NG

N ij

est un rayon rompu dont l'incident vient du côté gauche de même que le rayon SAD. Après avoir traversé l'objectif il tendra au foyer & sans l'oculaire il iroit couper le rayon DN en un point  $n$ , autant distant du verre que l'est le point F : mais à la rencontre de l'oculaire il se plie & devient parallèle à NG. Supposons que dans cette situation il rencontre l'axe au point F où l'œil est placé, il est clair que l'angle OFI compris entre l'axe & le rayon rompu IF détermine la moitié de la grandeur apparente de l'objet, puisque son milieu est vu au moyen du rayon BME, & que l'extrémité qui est du côté gauche paroît au moyen du rayon rompu IF : or l'angle OFI est égal à son alterne OfN, donc l'angle OfN mesure aussi la moitié de la grandeur apparente. Cela posé, soit que l'œil voye la moitié de l'objet à la vûe simple en restant au point F, soit qu'il se transporte au point A, elle paroîtra de la même grandeur dans ces deux stations. Car la distance FA étant tout au plus de quelques pieds est comme nulle par rapport à la grande distance de l'objet ; or si l'œil étoit en A, il verroit la moitié de l'objet sous l'angle BAS ; donc la demie grandeur véritable que l'œil apperçoit à la vûe simple est mesurée par l'angle BAS ou son opposé DAM. Cela étant, si on prend OC égale à MF, & que l'on tire NC, le quadrilatere DACN sera un parallelogramme, car MF & MA sont égales par la supposition, de même que OF & MC, donc si on retranche ces dernières des premières MO sera aussi égale à CA : or DN=MO ; donc DN=CA ; de plus CN étant égale à MF ou à MA, & DA à MA, ils'ensuit que CN=AD. Donc DACN est un parallelogramme ; ( 2. Géom. ) par conséquent l'angle OCN sera égal à l'angle DAM, ( 27. Géom. ) donc il mesurera la demie grandeur véritable de l'objet. Donc cette grandeur sera à la grandeur apparente comme l'angle OCN du triangle fCN est à l'angle OfN, donc ces deux grandeurs seront entr'elles comme les côtés Nf NC du même triangle ; ( supposi. 2. n. 31. ) ainsi la grandeur apparente est à la véritable, comme la distance NC ou MF du

foyer de l'objectif est à la distance  $Nf$  ou  $Of$  du foyer négatif de l'oculaire.

89. On a supposé que l'œil est au point  $F$ , mais il n'importe en quel point de la partie  $OF$  de l'axe il se trouve. Car les rayons rompus parallèles à  $NG$  occupant tout l'espace qui est entre  $NG$  &  $IF$ , & étant tous également inclinés à l'axe, il verra toujours le côté gauche de l'objet, & la grandeur apparente n'en sera pas changée, parce que tous ces rayons qui viennent de l'extrémité gauche de l'objet font le même angle avec l'axe.

90. Il est aisé de juger que l'oculaire doit avoir peu d'ouverture, elle doit être moindre que n'est l'ouverture de la prunelle. Car comme les rayons parallèles à l'axe tels que  $DN$  sortent faisant un angle  $OfN$  qui a pour base la moitié de l'ouverture de l'oculaire, c'est-à-dire qu'ils sortent divergens du même axe, il s'ensuit que la prunelle qui est en dehors doit avoir une ouverture plus grande que l'oculaire, autrement il y auroit beaucoup de lumière perdue. Supposons que la prunelle a deux lignes d'ouverture, & que  $NI$  est de 1 ligne & demie, & que le côté  $NC$  du triangle  $CNO$  est de 12 pouces ou de 144 lignes; on trouvera que l'angle  $OCN$  de la demie grandeur véritable n'est que de 18 minutes, donc l'angle de la grandeur entière sera de  $36'$ : ainsi cette lunette ayant seulement une longueur de 11 ou de 12 pouces ne laisse voir qu'un champ d'une étendue de  $36'$ : si on lui donne une plus grande longueur, l'ouverture de l'oculaire demeurant la même, ou moindre que n'est l'ouverture de la prunelle, le champ deviendra encore plus petit. D'où l'on voit que cette lunette doit être fort courte pour être de quelque service.

*Le Telescope Astronomique ou à deux verres convexes. (Fig. 93.)*

91. Pour construire ce telescope on ajoute à la distance  $MF$  du foyer  $F$  de l'objectif  $L$  une longueur  $FO$ , égale à la distance  $Of$  du foyer de l'oculaire  $NI$ ; & la

distance MFO composée des deux détermine la distance de l'oculaire : c'est pourquoi si les axes des deux verres sont sur la même ligne MO $f$ , le telescope sera construit. Il fait voir les objets renversés, & les augmente dans la raison de la distance du foyer de l'objectif à celle du foyer de l'oculaire ; c'est-à-dire dans le rapport de MF à FO. Supposons en premier lieu que BMO $f$  est un rayon qui venant du milieu d'un objet fort éloigné traverse les deux verres sans se rompre, il représentera l'axe commun ; & parce que la distance est supposée comme infinie par rapport à l'ouverture de l'objectif & de la prunelle, les rayons qui viendront d'un même point radiant seront parallèles : ceux qui viennent du milieu de l'objet seront parallèles à l'axe, & après avoir traversé l'objectif ils iront concourir au foyer F ; ( V. n. 41. 45. ) de même ceux qui viennent du côté gauche, tels que SD, SViront aussi concourir en un point H autant distant du verre que l'est le foyer F des parallèles à l'axe : ( V. n. 41. 45. ) ainsi chaque point radiant de l'objet sera peint en FH par les rayons qui en partent, & qui après s'être rompu deux fois en traversant l'objectif vont se réunir en un point entre F & H ; donc l'objet vers lequel on a dirigé le telescope se peindra en FH. Or puisque les rayons qui viennent d'un point radiant de l'objet sont rendus convergens par la réfraction vers quelque'un des points de l'image FH, ils seront ensuite divergens du même point ; par exemple, les rayons rompus VH DH qui répondent aux incidens SV SD après avoir concouru au point H, seront ensuite divergens de ce point, & rencontreront dans cette disposition l'oculaire NI aux points NC ; il en sera de même des rayons rompus dont les incidens sont parallèles à l'axe. Or on a supposé que l'oculaire NI est autant distant du foyer F qu'il l'est de son propre foyer  $f$ , donc les rayons qui divergent du point F sortiront de l'oculaire parallèles entr'eux ; ( V. n. 52. ) ce fera la même chose pour les rayons HN, HC qui partent du point H ; donc les rayons qui viennent d'un même point de l'objet entreront aussi



dans l'œil étant paralleles entr'eux ; par conséquent la vision sera distincte.

92. En second lieu. Supposons qu'entre les rayons qui partent du côté gauche S de l'objet il y en a un tel que SAD qui rencontre l'axe au point A autant distant de l'objectif que l'est le foyer F, il est certain qu'il sortira de ce verre parallele à l'axe, ( V. n. 52. ) & qu'après avoir concouru au point H avec le rayon rompu VH, & avoir traversé l'un & l'autre oculaire, ils entreront dans l'air paralleles entr'eux, & néanmoins inclinés à l'axe vers le foyer  $f$ , car la double réfraction que souffrent les rayons incidens HN HC, & les autres qui partent du point H les détermine à prendre leur cours vers le foyer  $f$ ; donc les rayons qui viennent du côté gauche de l'objet entreront dans l'œil & y feront impression comme venant du côté droit ; donc l'œil verra le côté gauche de l'objet à la droite de l'axe ; donc l'objet paroîtra renversé.

93. Supposons en troisieme lieu, que l'œil est sur l'axe entre les points Of. Tous les rayons qui partent du point H sortant de l'oculaire paralleles entr'eux seront également inclinés à l'axe. Cela étant, un de ces rayon tel que Nf rencontrera l'axe au foyer  $f$ , si l'incident HC est parallele à l'axe ; & tous les autres rayons paralleles à Nf feront avec le même axe des angles égaux à l'angle OfN : or les rayons paralleles à Nf font voir le côté gauche de l'objet & le rayon BMO $f$  en rend le milieu visible ; donc l'œil placé entre les points O  $f$  voit la moitié de l'objet sous un angle égal à l'angle OfN. Si on tire HO, le quadrilatere HO $f$ N sera un parallelogramme, puisque tous les côtés sont égaux ; ( 2. Géom. ) donc l'angle HOM sera égal à l'angle OfN, ( 27. Géom. ) par conséquent l'angle HOM mesurera la moitié de la grandeur apparente de l'objet. Si l'œil étoit au point A, il verroit la moitié de l'objet sous l'angle BAS ou DAM ; ainsi cet angle est la mesure de la moitié de la grandeur véritable : & si on tire HM, le quadrilatere AMHD étant un parallelogramme, puisque les quatre côtés sont égaux

entr'eux , l'angle OMH sera égal à l'angle DAM ; ( 27. Géom. ) donc l'angle OMH mesurera la moitié de la grandeur véritable ; donc la grandeur apparente sera à la grandeur véritable comme l'angle HOM est à l'angle OMH ; c'est-à-dire comme HM ou FM est à HO ou FO : ( Suppos. 2. n. 31. ) ainsi ces grandeurs sont entr'elles comme les distances des verres à leurs foyers.

*La Lunette à quatre verres convexes. ( Fig. 94. )*

94. Cette lunette a deux oculaires de plus que la précédente , ils servent à redresser les objets lesquels paroissent renversés lorsqu'on les regarde à travers les verres du telescope Astronomique. On supposera que les oculaires sont tous également convexes ou qu'ils portent tous leur foyer à la même distance. On place d'abord le premier oculaire ou le plus proche de l'objectif , comme il a été dit du telescope précédent ; on place le second oculaire de façon qu'il soit distant du foyer du premier oculaire d'une longueur égale à la distance de son propre foyer ; on place aussi le troisième oculaire de manière qu'il soit éloigné du foyer du second oculaire ou qui le précède , d'une longueur égale à la distance de son propre foyer ; & parce que l'on suppose que les foyers sont également distans de leurs oculaires , le foyer de l'un sera au milieu de l'intervalle qui le sépare de l'oculaire suivant : ainsi le foyer P du premier oculaire est au milieu de l'intervalle KR qui le sépare du second , & le foyer T du second est au milieu de l'intervalle OK qui le sépare du troisième. Cela posé.

95. Il est clair après ce qui a été dit du telescope précédent qu'il se formera une image au foyer de l'objectif , & que la lumière divergeant des différens points de l'image FH , les rayons qui partiront d'un même point tels que HE , HI sortiront du premier oculaire paralleles entr'eux , & que rencontrant dans cette disposition le second oculaire , ils iront concourir en un point L autant distant de ce verre que l'est le foyer T des rayons paralleles à l'axe , & y formeront par conséquent une seconde image TL : la

lumière divergera une seconde fois des différens points de cette image, & les rayons qui viendront d'un même point, par exemple, du point L après avoir traversé le troisième oculaire sortiront parallèles entr'eux; par conséquent ils auront la disposition qu'il faut pour que la vision soit distincte.

96. Il est clair en second lieu que les rayons qui viennent du côté droit de l'objet après avoir concouru en H du côté gauche, & avoir traversé le premier oculaire d'où ils sortent parallèles entr'eux, ils passent à la droite de l'axe, puisqu'ils prennent leur cours vers le foyer P, comme il a déjà été dit; & parce qu'il y en a un qui passe par ce foyer, il s'ensuit qu'il sortira du second oculaire parallèle à l'axe & ira suivant GLN; & parce que les rayons parallèles entr'eux doivent après la double réfraction concourir en un point autant distant du verre que l'est le foyer T des parallèles à l'axe, il s'ensuit que le point de concours des rayons parallèles à EG se fera sur GLN au point L qui est à la droite de l'axe, & à la même distance que le foyer T. Les rayons de la lumière divergent ensuite des points de la seconde image; ceux qui partent d'un même point, tels sont les rayons LN LC sortiront du troisième oculaire non-seulement parallèles entr'eux, comme il a été dit, mais ils prendront leur cours vers le foyer *f* de ce dernier oculaire; par conséquent ils entreront dans l'œil comme venant de la droite vers la gauche, donc le côté droit de l'objet que ces rayons rendent visible paroîtra à la droite de l'axe; & par conséquent l'objet sera droit.

97. En troisième lieu en quelque endroit de l'intervalle *fO* que l'œil soit placé, il verra la moitié de l'objet sous un angle égal à l'angle *O f N*, puisque tous les rayons qui viennent du côté droit S sortent parallèles à *N f* & font avec l'axe des angles égaux à *O f N*, & que d'ailleurs le rayon *BO f* rend visible le milieu de l'objet: de plus l'angle *O f N* est égal à l'angle *EPR*. Car les rayons incidens HE, LN étant parallèles à l'axe, les rayons rompus EP *N f* doivent être également inclinés

au même axe , puisque les oculaires ont la même grandeur , la même convexité , & la même distance de foyer , & que d'ailleurs les rayons rompus EP, Nf passent par les foyers P. f : or on a vû en parlant du telescope Astronomique , que l'angle EPR est égal à l'angle HRM ; & si on tire HM le parallelogramme AMHD donne l'angle HMR égal à l'angle DAM ou à BAS lequel mesure la moitié de la grandeur véritable ; par conséquent la grandeur apparente est à la véritable comme l'angle HRM est à l'angle HMR , ou comme HM à HR (Supp. 2. n. 31.) ou comme FM à FR , c'est-à-dire comme la distance du foyer de l'objectif est à la distance du foyer d'un des oculaires.

Si les oculaires étoient de différentes convexités le rapport de la grandeur apparente à la véritable seroit plus grand ou moindre de quelque chose que celui qu'on vient de déterminer , selon que ces oculaires seroient combinés.

98. On a supposé dans la construction des telescopes que si les rayons qui viennent d'un point radiant sortent du dernier oculaire parallèles entr'eux , l'œil qui les reçoit dans cette disposition voit distinctement l'objet , si néanmoins ceux qui ont la vûe courte avoient besoin que de tels rayons fortissent divergens , il faudroit déranger tant soit peu le dernier oculaire en le rapprochant de l'objectif , à quoi on parvient en poussant quelque peu vers le dedans le tuyau qui le porte. En dérangeant ainsi l'oculaire , s'il est concave , les rayons qui tendoient auparavant à son foyer seront convergens vers un point qui sera plus éloigné que le foyer ; par conséquent les rayons rompus seront divergens. Et si l'oculaire est convexe les points de divergence des rayons incidens seront plus proches de l'oculaire que n'est le foyer , donc les rayons rompus seront aussi divergens. Si au contraire ceux qui ont la vûe longue ont besoin que les rayons qui partent d'un même point sortent de l'oculaire un peu convergens , il faudra tirer quelque peu en dehors le tuyau , & éloignant de la sorte l'oculaire de l'objectif les rayons sortiront conver-



gens : car si l'oculaire est concave , on le rapprochera du foyer de l'objectif ; par conséquent les rayons tendront à un point qui sera plus près de l'oculaire que n'est son propre foyer ; par conséquent les rayons rompus en sortiront encore convergens , quoique ce verre les écarte. Et si l'oculaire est convexe , les points de divergence des rayons incidens seront plus éloignés du verre que n'est son propre foyer ; par conséquent les rayons rompus seront aussi convergens , On peut voir là dessus les nombres 50 , 52 , de l'article V. , & l'on aura une preuve de ce qui vient d'être dit.

### *Les Microscopes.*

99. Les telescopes approchent les objets éloignés en les grossissant , & les microscopes grossissent les objets fort proches en les éloignant : le trop d'éloignement & le trop de proximité sont également nuisibles à la claire vision , & l'œil se trouve autant fatigué de regarder un objet qui se perd , pour ainsi dire dans un grand éloignement , que d'en regarder un très-petit , lorsque pour le voir distinctement , on croit bien faire de l'approcher & de le mettre à une distance proportionnée à sa petitesse. Les microscopes sont simples ou composés. Les microscopes simples sont des verres lenticulaires fort convexes & d'un très-court foyer. Les petites boules de verre qui ne sont pas plus grosses que la tête d'une épingle fine sont d'excellens microscopes , lorsqu'elles sont bien arrondies. On les appelle Engyscopes. La façon ordinaire de les préparer c'est de mouiller la pointe d'une aiguille ou d'un fil de fer délié , & de lui faire toucher des particules de verre assez petites pour qu'elles s'attachent , & assez minces pour qu'elles se puissent fondre promptement : on les porte dans la partie bleue de la flamme d'une lampe , & la chaleur les fondant , elles s'arrondissent d'elles-mêmes. On plie ensuite une lame de laiton très-mince qu'on perce des deux côtés d'un trou plus petit que n'est le globule de verre qu'on place entre les deux trous. Les microscopes tant

simples que composés sont encore plus recens que les télescopes, suivant la remarque qu'en fait M. Huygens.

*Le Microscopes simples. ( Fig. 95. )*

100. On a prouvé en ( V. n. 69. ) parlant des lunettes simples, que si l'œil touche au verre lenticulaire la grandeur apparente est la même que la grandeur véritable, ou ce qui est la même chose, que les angles qui les mesurent se confondent en un seul & même angle; donc si l'œil touche à une lentille de verre, telle que MN, & qu'il s'y applique au point O de l'axe LOF, il verra l'objet BS sous le même angle qu'il le verroit à la vûe simple. Supposons que cet objet est autant distant de la lentille que l'est le foyer F, le rayon DI qui est sur l'axe LF traversera le verre sans se rompre; mais les autres rayons qui viennent du même point, après la double réfraction sortiront parallèles à LF: de même ceux qui viennent d'une des extrémités B ou S sortiront aussi parallèles entr'eux, & feront avec l'axe LF les mêmes angles que font les rayons incidens BEO, SHO qui sont les axes des cones de lumière qui ont leurs sommets aux points radians. Cela est évident, puisque l'œil en O voit à travers le verre l'objet BS sous l'angle BOS, sous lequel il le verroit à la vûe simple, & que d'ailleurs les rayons qui partent du point B ou du point S sortent parallèles entr'eux; d'où il suit que si l'œil s'éloigne & qu'il se place entre le foyer & le verre, ou bien au foyer, il verra toujours l'objet BS sous un angle égal à l'angle BOS, ou la moitié BD sous un angle égal à BOD, car il verra le milieu D au moyen du rayon DF & le point B au moyen de rayons parallèles à BEO. Par conséquent si le microscope simple grossit les objets, ce n'est point qu'il les fasse voir sous un plus grand angle qu'ils ne sont apperçus à la vûe simple. Il faut donc chercher une autre raison de l'ampliation ou de l'augmentation apparente.

101. L'expérience démontre que si on approche trop de l'œil un petit objet, on le voit confusément, & que

la confusion augmente d'autant plus qu'il en est plus proche ; de telle sorte qu'enfin on les perd de vûe. Si au contraire on l'éloigne la vision commence à devenir plus claire & plus distincte ; & la confusion ne cesse entièrement que lorsqu'il est à une certaine distance , M. Huygens la fixe à 8 pouces ; ainsi suivant cette détermination on ne voit un petit objet clairement & distinctement que lorsqu'il est à 8 pouces de distance de l'œil. Supposons qu'à cette distance il soutende un angle d'une minute , s'il s'approche de l'œil l'angle visuel augmentera , & d'autant plus qu'il s'approchera d'avantage ; en sorte que si le petit objet se trouve seulement à une distance 60 fois moindre que 8 pouces , l'angle visuel sera 60 fois plus grand , c'est-à-dire qu'il sera d'un degré entier , mais en même tems la vision en sera d'autant plus confuse : or qu'est-ce que fait le microscope simple , il ôte la confusion & laisse la grandeur de l'angle. 1°. Il ôte la confusion , car le petit objet étant mis au foyer de la lentille les rayons qui partent d'un point radiant en sortent parallèles : or cette disposition est parfaitement d'accord avec une vûe ordinaire & commune , & suffit pleinement du côté de la lumière pour procurer une vision claire & distincte. 2°. Le microscope laisse la grandeur de l'angle , comme il vient d'être prouvé. Car soit que l'œil touche au verre , soit qu'il s'en éloigne quelque peu , l'objet paroît sous le même angle que s'il étoit apperçu à la vûe simple. L'effet du microscope lenticulaire simple consiste donc en ce qu'un objet qui seroit tout brouillé & confus à cause de sa trop grande proximité de l'œil paroît néanmoins à cette petite distance avec autant de clarté & de netteté que s'il étoit porté à la distance de 8 pouces où la vision est suffisamment claire & distincte , & parce qu'en accourcissant cette distance ou en approchant le petit objet de l'œil on augmente l'angle visuel , il s'ensuit qu'il paroîtra d'autant plus grand que pour le voir distinctement il faudra diminuer la distance de 8 pouces ou l'approcher de la lentille & de l'œil. Il suit qu'un mi-

crofcope lenticulaire fimple groffit ou amplifie les petits objets à proportion que fon foyer eft plus court , ou qu'il le porte à une moindre diftance comparée à celle de 8 pouces. Car c'eft à la diftance du foyer qu'il faut placer les petits objets pour les voir diftinctement.

102. Un Engyfcopie ou petite boule de verre fait l'effet d'un verre lenticulaire qui porteroit fon foyer à la diftance de  $\frac{3}{4}$  du diamètre de la petite boule.

On a vû ( V. n. 46. ) que les rayons incidens BD ( Fig. 74. ) paralleles à l'axe ont leur point de concours au foyer F diftant du verre d'un quart du diamètre AI ; c'eft pourquoi fi on place un petit objet BS autant diftant de la boule de verre que l'eft le foyer F , le rayon incident BD qui part de l'extrémité B & qui eft parallele à l'axe ACL , après s'être rompu au point d'incidence D , & au point O , prendra fon cours vers F , & fera avec l'axe l'angle CFO ; & parce que l'objet BS eft autant éloigné de la petite fphere que l'eft le foyer F , il s'enfuit que les autres rayons incidens qui viennent du point B fortiront paralleles à FO ; c'eft pourquoi fi l'œil fe trouve fur l'axe & dans le cours des rayons paralleles, il verra l'objet BS fous l'angle CFO, fçavoir, le point S au moyen du rayon SF, & le point B au moyen de quelqu'un des rayons paralleles à OF , lefquels font tous avec l'axe des angles égaux à CFO ; de plus la vifion fera claire & nette, puifque les rayons qui partent d'un même point de l'objet fortent paralleles. Cela pofé.

103. Si du centre C de la fphere on tire CB & CO , les triangles BCD , CFO feront égaux en tout. Car les côtés CB & CF font égaux l'un & l'autre aux trois quarts du diamètre AI , BD & FO font égaux chacun au quart, & les côtés CD , CO égaux à la moitié du même diamètre ; donc les côtés étant égaux, les angles oppofés font auffi égaux , donc l'angle CFO eft égal à l'angle CBD , lequel eft égal à fon alterne BCS ; ( 27. Géom. ) donc l'angle CFO eft égal à l'angle BCS. Cela étant imaginons que l'on ôte la petite fphere , & qu'on place au centre C une lentille dont le foyer foit en F , enforte qu'il foit



distant de la lentille de  $\frac{3}{4}$  du diamètre AI, l'objet BS restant en place sera autant distant que le foyer F, & soit que l'œil demeure au même point de l'axe, soit qu'il s'approche de lentille, il verra toujours l'objet BS sous l'angle BCS, comme il a été prouvé; donc la lentille & la petite sphere produiront précisément le même effet, savoir de faire voir distinctement l'objet BS sous le même angle BCS ou CFO : or la lentille en C grossit ou amplifie l'objet BS dans le rapport des 8 pouces à CB ou CS qui vaut trois quarts du diamètre AI, donc la petite sphere l'amplifie aussi dans le même rapport.

104. Quoiqu'une sphere de verre ait le même effet qu'une lentille aussi de verre qui a le foyer distant de  $\frac{3}{4}$  de son diamètre, la lentille est néanmoins préférable à la sphere, en ce que son foyer étant trois fois plus éloigné de sa surface il y a plus de commodité pour placer les tablettes sur lesquelles on pose les petits objets qu'on veut étudier, & plus de facilité de les mettre dans un jour suffisant. Supposons qu'un microscope spherique ait une ligne de diamètre, 8 pouces contenant 96 lignes, il grossira dans le rapport de 96 à  $\frac{3}{4}$ , ou dans le rapport de 32 à  $\frac{1}{4}$  en divisant par 3, ou dans le rapport de 128 à 1 en multipliant par 4 : si le diamètre de la petite sphere avoit moins d'une ligne le rapport de l'ampliation seroit encore plus grand.

*Les Microscopes composés. ( Fig. 96. )*

105. Les microscopes composés ont deux ou trois lentilles. Celle qui est tournée vers l'objet est appelée l'objectif ou la lentille objective, les autres sont appelées oculaires de même que dans les telescopes. La lentille qu'on fait servir d'objectif est la plus convexe ou celle dont le foyer est à la moindre distance. On place l'objet BS à une plus grande distance que n'est le foyer F. Ainsi supposant que le point A est autant distant que le foyer F, l'objet BS est au-delà, de sorte que dans ce microscope les rayons qui viennent d'un point de l'axe sortent de la petite lentille étant convergens au même axe. ( V. n. 52. )

Pour déterminer à quelle distance se fait le concours des rayons, on employe la proportion que donnent les triangles semblables  $ADf$ .  $ADG$  des fig. 75. 77.  $DA \cdot DM :: DM \cdot Df$ : c'est-à-dire que la distance de l'objet au verre est moyenne proportionnelle entre les distances du même objet au point  $A$  & au point de concours  $f$ , le point  $A$  étant supposé autant distant du verre que l'est le foyer  $F$ : (V. n. 47.) or puisque les rayons qui partent du point  $D$  se réunissent au point  $f$ , les rayons qui viennent des autres points, par exemple, des extrémités  $BS$  concourront à la même distance, & les points  $HL$  de concours seront sur les rayons  $SMH$   $BML$  qui traversent le verre comme s'ils ne se rompoient point, & qui sont les axes des pyramides de lumière qui ont leurs sommets aux points radians  $S$   $B$ . (V. n. 55. 57.) c'est pourquoi il se forme une image en  $HfL$  qui est renversée, comme il paroît; puisque les axes se croisent dans l'épaisseur de la lentille objective. Le lieu de l'image étant ainsi déterminé, on place la lentille oculaire autant distante de l'image qu'elle l'est de son foyer, de sorte que la lumière divergeant des différens points de cette image, les rayons qui partent d'un même point sortent parallèles de l'oculaire; c'est pourquoi si l'œil est sur l'axe  $DMO$  au foyer  $O$ , ou entre ce foyer & la lentille, il verra clairement & distinctement l'objet  $BS$  au travers des deux verres, & si les rayons incidens  $HG$ ,  $LC$  sont parallèles à l'axe, les rayons rompus passeront par le foyer  $O$ , & parce que tous les rayons qui partent des points  $HL$  sortent parallèles à  $GO$ ,  $CO$ , il s'en suit qu'en quelque endroit que l'œil se trouve sur l'axe  $DMO$ , il verra l'objet sous l'angle  $GOC$ , & la moitié sous l'angle  $GOI$  ou  $COI$ .

106. Pour déterminer le rapport de la grandeur apparente à la véritable, il faut comparer l'angle  $COI$  avec l'angle sous lequel l'œil verroit la moitié de l'objet  $BD$  s'il en étoit éloigné de 8 pouces. Car la moitié de la grandeur apparente est mesurée par l'angle  $COI$ , & l'objet  $BD$  ne paroît distinctement que lorsqu'il est à la distan-

te de 8 pouces. Cela posé, si on prend DE égale à 8 pouces, & que l'on tire BE, l'angle BED mesurera la grandeur véritable; c'est là le plus grand angle que l'objet BD puisse soutenir en supposant qu'il est vû distinctement; car s'il étoit plus près de l'œil, la vision seroit confuse & d'autant plus confuse qu'il en seroit plus proche suivant l'observation de M. Huygens. Donc la grandeur apparente est à la véritable comme l'angle COI à l'angle BED: & supposant que l'œil est au point R où le rayon rompu NR, dont BMN est l'incident concourt avec l'axe, ce rapport sera égal à celui de l'angle IRN à l'angle BED; or ce rapport est composé, & pour le démontrer on supposera comme ci-devant que les angles sont dans la raison des côtés opposés, & pour le prouver on comparera les angles IRN BED à l'angle RMN ou à son égal BMD. Le triangle RMN donne d'abord cette proportion IRN. RMN ou BMD::MN:RN. & le triangle BEM donne cette autre BMD. BED::BE.BM (supposition 2. n. 31.) multipliant les termes de ces deux proportions, les antécédans avec les antécédans, & les conséquens avec les conséquens, & divisant ensuite les deux premiers produits par le multiplicateur commun BMD, on aura cette troisième proportion IRN. BED::BE×MN BM×RN. C'est-à-dire que la grandeur apparente est à la véritable en raison composée des distances BE BM de l'objet au point E où l'œil le verroit distinctement & à l'objectif, & des distances MN, RN de l'oculaire à l'objectif & à l'œil supposé en R. D'où il suit que plus l'œil sera proche de l'oculaire plus le produit BM×RN sera petit, puisque le multiplicateur RN diminuera; donc le rapport de la grandeur apparente à la véritable augmentera, ainsi l'objet en paroîtra plus grand.

107. On a vû (art. V. n. 19.) que la lumière qui vient d'un point de l'objet ne se réunit pas toute par la réfraction en un point, & que le foyer occupe sur l'axe une certaine longueur. Si on veut avoir le point R où elle s'amasse en plus grande abondance pour y placer l'œil,

on se servira des triangles semblables  $ADf$   $ADG$  de la fig. 75. & l'on fera cette proportion  $Af.AD :: AD.AG$ ; c'est-à-dire, la distance de l'objet au point  $f$  autant éloigné du verre que l'est le foyer  $F$  est à la distance de l'objet au verre, comme cette même distance est à la distance  $AG$  où la lumière s'amasse en plus grande quantité, puisqu'à cette distance se trouve le concours des rayons qui sont fort près de l'axe. Cela posé, on a vû ( Art. V. n. 55. 56. 57. 58. 59. ) que toute la lumière qui forme l'image  $HL$  est comprise entre les axes  $SMK$   $BMN$ , lesquels se croisent au milieu de l'épaisseur de la lentille; & parce que non-seulement le rayon lineaire qui est sur l'axe  $DO$  passe par le point sensible  $M$ , mais encore tous les autres qui venant du point  $D$  sont fort près de cet axe; pareillement toute la lumière qui coule le long des axes  $SMK$   $BMN$  & le long de tous les autres axes tirés des autres points radiants passe aussi par le point sensible  $M$ : par conséquent le point  $M$  est celui par où il passe la plus grande quantité de lumière, laquelle doit le plus contribuer à former l'image & à exciter la vision; donc on peut considérer la même lumière comme divergeant du point  $M$ , & ce point comme un point radiant qui envoie de la lumière sur la lentille  $KN$ . Cela étant, si le point  $f$  est autant distant de cette lentille que l'est son propre foyer, on aura suivant la proportion que l'on vient de former sur la fig. 75. le point de concours de cette lumière; par cette autre proportion  $Mf.MN :: MN.MR.$  ( Fig. 96. ) Donc si on applique l'œil au point  $R$  trouvé par cette proportion il y recevra la plus grande quantité de lumière.

108. Comme cette construction oblige de déterminer le lieu de l'image au cas qu'on ait pris à volonté la distance de l'objet à l'objectif, ou de trouver cette seconde distance supposé qu'on ait d'abord fixé celle de l'image, on se délivre de cette sujettion en ajoutant un second oculaire. Pour lors l'on pose l'objet à la distance du foyer de l'objectif, & les rayons qui viennent d'un point radiant sortent parallèles; on place ensuite le premier oculaire plus



ou moins proche de l'objectif, assez proche néanmoins pour qu'il puisse recevoir toute la lumière réfractée par l'objectif. Cette lumière s'amasse au foyer de ce premier oculaire, & y forme une image dont le second oculaire est distant d'une longueur égale à la distance de son foyer, de sorte que les rayons qui partent d'un même point sortent parallèles. Le second oculaire auquel l'œil s'applique est plus convexe que le premier parce que c'est de sa convexité que dépend la grandeur de l'angle COI ou IRN qui mesure la moitié de la grandeur apparente.

*Des instrumens mixtes qui aident ou servent la vue  
par réflexion & par réfraction.*

109. On peut appeller ces instrumens catoptridioptriques, parce qu'on les dresse conformément aux règles de la catoptrique & de la dioptrique. Ils sont composés de miroirs & de verres sphériques, ainsi leurs effets sont fondés sur la réflexion & sur la réfraction de la lumière. On observera qu'en général les microscopes composés sont ornés d'un miroir qui réfléchit de la lumière sur les petits objets qu'on veut étudier, pour les éclairer d'avantage : si le miroir est plan il la réfléchit d'abord sur un verre lenticulaire qui la réfracte ensuite vers les petits objets : si le miroir est concave, il la renvoie immédiatement par réflexion sur les petits objets, parce qu'on les pose au foyer commun de la lentille objective & du miroir : soit que le microscope ait trois verres soit qu'il n'en porte que deux, on dispose le tout de façon que les petits objets soient justement au foyer du miroir. M. Huygens ajuste aussi aux lunettes à deux verres convexes un petit miroir plan qu'il incline à l'axe d'environ 45 degrés, & qui redresse les objets que cette lunette renverse. Car comme on dirige ordinairement une lunette vers des objets qui sont au-dessus de l'horizon, le miroir se trouve quasi horizontal ; c'est pourquoi de même qu'il renverse ceux qui sont droits il redresse aussi ceux qui sont renversés. Mais tous ces instrumens peuvent absolument remplir leurs fonc-

tions sans le secours de la lumière réfléchie, & les miroirs n'en font point une partie essentielle; ainsi ils ne sont point à proprement parler catoptridioptriques; d'ailleurs chacun peut aisément imaginer la situation qu'on donne à ces miroirs pour en tirer de l'avantage. Voici néanmoins un microscope à réflexion, c'est celui que M. Descartes propose dans sa dioptrique liv. 9, il peut plaire par sa simplicité, & il remplit parfaitement le dessein que l'on a d'éclairer abondamment les petits objets qu'on veut examiner, en ce que la lumière tombe sur le devant ou sur la face qui est tournée vers l'œil & vers la lentille qui la doit refracter.

110. M. Descartes donne au petit verre qui doit refracter la lumière la figure d'une hyperbole fort évasée, mais sans nous arrêter à cette particularité, & supposant qu'il est sphérique, voici ce qu'il y a à observer par rapport à la réflexion. MI (Fig. 97.) est la section d'un miroir concave, je suppose qu'il est sphérique, & que le centre est en C, donc les rayons qui viennent d'un point du Soleil étant parallèles entr'eux, la réflexion les fera concourir à la distance du quart du diamètre de la surface sphérique: ainsi les rayons incidens GE GE parallèles à LO auront leur concours au foyer F, les autres points de concours se rangeront de part & d'autre de ce point, & il y aura une lumière abondante en F; c'est pourquoi si on y place un petit corps il la recevra toute ou en plus grande partie, & étant réfléchie une seconde fois, elle tombera de-là sur une lentille Z qui ferme la petite ouverture circulaire qu'on a pratiquée au milieu du miroir; de sorte que si le foyer de la lentille est autant distant que le foyer F du miroir, les rayons incidens après leur double refraction sortiront parallèles; donc l'œil placé en un point O de l'axe verra l'objet distinctement & augmenté dans le rapport de 8 pouces à FZ qui est le quart du diamètre de la surface sphérique & en même tems la distance du foyer de la lentille. Si cette distance est de 3 lignes, l'augmentation sera comme de 32 à 1. Car 8 est à  $\frac{1}{4}$  com-

me 32 à 1. On peut juger de-là que si le microscope grossit considérablement, le miroir doit être d'un foyer fort court, M. l'Abbé Pluche nous apprend dans le cinquième volume du Spectacle de la Nature, que ce miroir a été perfectionné par M. Liberkun sçavant Prussien : comme les corps blancs réfléchissent la lumière avec plus d'abondance que les corps de toute autre couleur, M. Decartes veut que le miroir de son microscope soit d'une matière blanche ; c'est pour cette raison que le miroir du microscope de M. Liberkun est d'argent ; il place la lentille au fond le plus étroit d'un entonnoir d'argent qu'il ajuste à l'ouverture du miroir, & l'œil s'applique au fond le plus évasé, afin qu'il ne soit pas distrait par une lumière étrangère. Dans le microscope de M. Decartes tel qu'il est décrit dans sa dioptrique, le foyer F étant un point unique, le miroir ne peut recevoir qu'une lentille d'un foyer déterminé, M. Liberkun approche plus ou moins les petits objets de son miroir, lequel peut servir à des lentilles de différentes convexités & de différens foyers & qui amplifient inégalement les petits objets.

*Le Telescope à réflexion. (Fig. 98.)*

III. TV est un tuyau de 12 pouces de longueur & de 2 pouces de diamètre dans son intérieur ; mais cette ouverture est restrainte à l'entrée par un cercle à 20 lignes. Dans le fond du tuyau est un miroir MI concave de 9 pouces de foyer de 2 pouces de diamètre ou de largeur, ouvert par le milieu de 6 lignes ; en AB est un autre miroir de 18 lignes de foyer & de 8 lignes de diamètre, il est soutenu en l'air au milieu du tuyau TV par un curseur ED, au moyen duquel il peut s'approcher ou s'éloigner quelque peu du grand ; ils ont leur foyer commun en F, ainsi ils sont éloignés l'un de l'autre de 10 pouces  $\frac{1}{2}$ . En L près de l'ouverture du grand miroir & du fond du grand tuyau est un verre plan convexe de 3 pouces de foyer ; en C est un autre verre convexe & concave, c'est-à-dire, menisque de 10 lignes de foyer ; il est distant du foyer f

du verre plan convexe d'une longueur égale à la distance de son propre foyer, c'est-à-dire de 10 lignes. Ces deux verres sont logés dans un tuyau HN emmanché dans le grand TV; ainsi le tuyau HN doit avoir 4 pouces de longueur y compris le petit intervalle qui est entre le verre C & l'œil O, l'instrument entier a donc 16 pouces de long.

112. Pour connoître l'effet de cet instrument il suffira de considérer les rayons qui viennent d'un point radiant fort éloigné, & que l'on peut regarder comme parallèles; leur progrès & leurs points de concours ou de divergence feront entendre ce qui arrive aux rayons qui partent des autres points radians de l'objet. On supposera donc que les rayons GI GM parallèles à l'axe KLO viennent du milieu de l'objet, & qu'ils tombent sur le grand miroir aux points MI. Suivant la loi de la réflexion ils retourneront en arriere le long des lignes MFB IFA; (art. IV. n. 21.) & après s'être croisés au foyer commun F des deux miroirs, ils rencontreront le petit aux points AB, d'où ils seront réfléchis une seconde fois étant parallèles entr'eux & à l'axe, (art. IV. n. 48.) & rencontrant dans leur cours l'ouverture du miroir, ils entreront dans le tuyau HN & tomberont sur le premier oculaire L, & après la double refraction ils concourront au foyer *f*; (art. V. n. 41. 45.) & divergeant ensuite de ce point, ils rencontreront le second oculaire C, & en sortiront parallèles, (art. V. n. 52.) & l'œil les recevant dans cette disposition, ils auront ce qui est nécessaire de la part de la lumière pour que le sentiment de la vision soit distinct & exempt de toute confusion.

113. Quant à l'augmentation apparente de l'objet; voici comme on peut la déterminer. Il faut rappeler ce qui a été dit de la réflexion de la lumière à la rencontre d'un miroir sphérique concave. 1°. La lumière qui vient d'un point radiant fort éloigné, & que l'on peut regarder comme étant à une distance infinie est réfléchiée à la rencontre d'un miroir sphérique concave de façon que les rayons



réfléchis ont leur point de concours distant du miroir d'un quart du diamètre de la surface sphérique ; ce point a été appelé le foyer des rayons parallèles ; & parce que ce qui est vrai des rayons qui viennent d'un point radiant convient aux rayons qui partent des autres points d'un objet , il s'ensuit que l'assemblage de tous les points de concours des rayons réfléchis forme au foyer l'image de l'objet qui envoie de la lumière sur le miroir sphérique concave. ( art. IV. n. 21. 39. ) Cette image est comprise entre les rayons incidens qui venant des extrémités de l'objet passent par le centre de la surface sphérique ; on les peut nommer les axes de la radiation des points extrêmes, parce que passant par le centre ils sont perpendiculaires à la surface sphérique. ( art. IV. n. 26. 38. ) D'où il suit qu'un objet infiniment éloigné qui envoie de la lumière sur un miroir sphérique concave & l'image qu'il peint au foyer soutendent des angles égaux , puisque ces angles sont opposés au sommet ; de plus l'image est renversée. 2°. Si l'objet est au foyer du miroir sphérique concave les rayons incidens qui partent d'un point sont réfléchis parallèles entr'eux. ( art. IV. n. 48. ) Cela posé , les objets très-éloignés que l'on regarde avec le telescope à réflexion peignent leurs images renversées au foyer F distant du miroir MI de 9 pouces , & elles soutendent des angles qui ont leur sommet au centre de la surface sphérique , & dont les côtés prolongés vont se terminer aux extrémités des mêmes objets : & parce que le foyer F est commun aux deux miroirs MI AB, il s'ensuit que ces images soutendent aussi des angles dont le sommet est au centre de la surface sphérique AB : ainsi lorsqu'un objet fort éloigné peint son image au foyer F , elle sert de base à deux angles qui ont leurs sommets aux centres des surfaces sphériques des miroirs MI AB : or les distances FA , FI du foyer aux miroirs étant entr'elles comme  $1\frac{1}{2}$  pouces & 9 pouces , ou comme 3 & 18 , en ôtant la fraction , ou encore comme 1 & 6 , en divisant les deux termes par 3 , il s'ensuit que les distances du foyer F aux centres des surfaces sphériques

sont aussi entr'elles comme 1 & 6, donc les deux angles auxquels l'image en F sert de base ont leurs côtés dans le rapport de 1 à 6, donc ils sont dans la raison reciproque des mêmes côtés, c'est-à-dire que l'angle au centre de la surface spherique, dont AB est une portion est 6 fois plus grand, puisque ses côtés sont 6 fois moindres; donc cet angle est 6 fois plus grand que celui que l'objet soutend au centre de la surface spherique dont MI est une portion; donc l'image en F produit sur le miroir AB le même effet que si l'objet s'en étant approché, & étant placé en cet endroit étoit devenu 6 fois plus grand: on peut donc supposer que la lumiere qui coule de l'image en F vers le miroir AB vient d'un objet 6 fois plus grand que n'est l'objet apperçu à la vûe simple: or la lumiere qui va d'un point de l'image en F sur le miroir AB est réfléchi de façon que les rayons sont paralleles entr'eux, donc ils rencontrent la lentille L comme s'ils venoient d'un point d'un objet infiniment éloigné, & 6 fois plus grand que n'est celui que l'on apperçoit à la vûe simple. Cela étant, les deux verres LC composent une lunette dont la propriété est la même que si les deux verres étoient convexes, parce qu'on peut toujours reduire les verres qui réunissent les rayons à des verres convexes; donc suivant ce qu'on a démontré de l'augmentation apparente des objets avec le secours d'une lunette à deux verres convexes, l'on aura cette augmentation dans le rapport de la longueur du foyer du verre C à la longueur du foyer du verre L, c'est-à-dire dans le rapport de 10 lignes à 3 pouces ou à 36 lig. Mais cette augmentation étoit déjà dans le rapport de 1 à 6 à cause du miroir AB; prenant le rapport composé de ces deux rapports, en multipliant les antecedens par les antecedens & les conséquens par les conséquens, (4 *Arith.*) on aura la grandeur véritable à la grandeur apparente, comme  $10 \times 1$  &  $36 \times 6$ , ou comme 10 & 216, ou comme 1 & 22 ou environ.

114. On peut dire encore que le miroir concave MI fait la fonction d'un objectif de 9 pouces de foyer. Car

un tel objectif amasseroit la lumière qui vient des différens points d'un objet infiniment éloigné au foyer des parallèles, c'est-à-dire, suivant la supposition à la distance de 9 pouces de même que le miroir concave MI. Le miroir AB fait l'office d'un oculaire concave dont le foyer négatif seroit à la distance de  $1\frac{1}{2}$  pouces ; puisqu'un tel oculaire étant combiné avec l'objectif que l'on vient de supposer, étant combiné, dis-je, de la manière qu'il a été dit dans la lunette d'Hollande rendroit parallèles les rayons qui tendroient vers un même point ; comme fait le miroir AB ; donc les deux miroirs ensemble équivalent à la lunette d'Hollande, dont l'objectif auroit 9 pouces de foyer & l'oculaire auroit un pouce & demi ; or une telle lunette augmente les objets dans le rapport de la longueur du foyer de l'oculaire à celle de l'objectif, c'est-à-dire dans le rapport de 1 pouce & demi à 9 pouces ou dans le rapport de 1 à 6 ; donc les deux miroirs MI AB ensemble produisent le même effet. D'où l'on conclura, comme on a déjà fait, que le telescope entier augmente dans le rapport de 1 à 22.

115. On dit ordinairement que ce telescope à réflexion fait l'effet d'une lunette de 8 pieds de foyer ; mais cette détermination est trop vague ; car un objectif de 8 pieds de foyer pouvant recevoir différens oculaires d'un foyer plus ou moins long, on pourra composer une lunette de 8 pieds qui grossira différemment selon l'oculaire.

Le telescope à réflexion tel qu'on vient de le décrire, fait voir les objets droits. Car l'image en F est renversée, mais parce que les rayons qu'elle envoie sur le miroir AB sont réfléchis parallèles entr'eux ; il s'ensuit que la seconde image qui se peint en f est droite, car si la première image en F étoit droite la seconde en f seroit renversée, puisque la lumière composée de rayons parallèles peint des images renversées étant refractée par un verre convexe : (art. V. n. 59.) or puisque l'image en f est droite, le verre C la laisse dans cette situation, comme il paroît par ce qui a été dit du telescope à deux verres convexes. Donc, &c.

*Le Polemoscope & la chambre obscure ( Fig. 90. )*

116. KR est une boîte quarrée semblable à un Dè ou cube. MI représente un miroir plan qui la coupe diagonalement, & fait avec quatre des 6 faces des angles de 45 d. ; les faces KM, KI sont percées dans leur milieu, chacune d'une ouverture circulaire qui reçoit un tuyau ; & parce que les faces KM, KI sont d'équerre ou font un angle droit, les deux tuyaux sont aussi perpendiculaires entr'eux. Dans l'un se trouve le verre lenticulaire L qui est exposé à la lumière des objets du dehors. Après qu'elle a été rompue à travers ce verre, elle tombe sur le miroir MI qui la réfléchit dans l'autre tuyau où elle rencontre un autre verre lenticulaire, & où elle se refracte comme en L, & à sa sortie elle pénètre dans l'œil qui est appliqué à l'ouverture O de ce tuyau. Pour appercevoir plus distinctement le progrès de la lumière ne considérons que deux rayons AB, CD qui viennent d'un point radiant d'un objet. Après s'être rompu à travers le verre L ils auroient leur point de concours vers *f* sans le miroir MI qu'ils rencontrent aux points GE ; donc ils seront réfléchis faisant les angles de réflexion FGI FEI égaux aux angles d'incidence BGM DEM ; par conséquent les rayons réfléchis GF EF feront entr'eux l'angle F égal à l'angle *f*. Car les deux triangles EG*f* EGF sont égaux en tout, ainsi qu'il est aisé de le prouver. Donc les rayons réfléchis GF EF auront leur point de concours en F autant distant du miroir que l'est le point *f* auquel les rayons tendent par la refraction. Ce qui est dit du point de concours F par rapport aux rayons AB CD qui viennent d'un même point, il faut l'entendre des rayons qui viennent de tout autre point de l'objet vers lequel le verre L est tourné ; donc la lumière qui en vient après avoir été refractée à la rencontre du verre L, & réfléchi par le miroir peindra une image en F, d'où elle divergera ensuite ; & parce que l'oculaire S en est autant distant qu'il l'est de son propre foyer, il s'ensuit que les rayons qui partent d'un



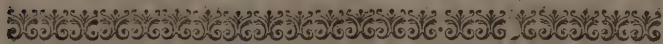
même point sortiront paralleles entr'eux & entreront dans l'œil ayant cette disposition ; donc la vision qui s'en suivra sera exempte de toute confusion ; & parce que l'image est représentative elle fera des impressions semblables à celles de la lumière directe , & l'œil discernera la figure & les mouvemens de l'objet, quoiqu'il lui soit absolument caché. Avec cet instrument on peut voir ceux qui entrent dans une maison, qui en traversent la cour , ce qui se passe dans une rue &c. sans être vû & même sans quitter sa place. Si la branche qui contient le verre L est horizontale , & celle où l'œil s'applique verticale , les objets paroîtront dans une situation horizontale. Car le miroir étant incliné de 45 degrés l'image qui se peint en F est horizontale, de même que la fausse image le seroit en *f* si le verre L étant ôté la lumière tomboit immédiatement sur le miroir.

117. Si les deux branches ou tuyaux sont tenus paralleles à l'horison, en sorte que le miroir MI soit vertical , les objets paroîtront renversés avec l'oculaire S qu'on suppose lenticulaire ; ainsi pour les redresser il faudroit ajouter encore deux oculaires convexes comme aux lunettes à 4 verres , ou bien il faudroit placer en P un oculaire concave de façon qu'il fut autant distant de F que de son propre foyer comme dans la lunette d'Hollande. Si on ne veut point employer d'oculaires , on pourra faire servir un second miroir plan qu'on placera vers T parallelement au miroir MI , & les rayons incidens FG, FH seront réfléchis avec la même divergence qu'ils ont en F , & par conséquent parallelement aux rayons incidens BG DE ; c'est pourquoi il faudra que l'œil regarde lateralement en V. Si non-seulement on ôte les oculaires , mais encore l'objectif L, la lumière directe tombera immédiatement sur le miroir MI , & de-là elle sera réfléchie vers le miroir T, mais le sentiment de la vision en sera moins vif, parce que l'objectif L amasse la lumière, laquelle rendue convergente a plus de force. Cet instrument peut donc être diversifié de bien de manieres,

118. Supposons présentement que l'objectif L étant rétabli, le tuyau dans lequel il est, est horizontal, & que l'autre tuyau est vertical; en sorte que le miroir MI fasse avec l'horison un angle de 45. degrés. Les objets se peindront encore en F comme auparavant, & leur situation sera horizontale, comme il vient d'être dit: c'est pourquoi si on étend en F un velin transparent ou un papier imbibé de quelque liqueur qui le rende plus clair on y verra les objets du dehors comme si on les y avoit dessinés: mais il faudra que la chambre où se fera l'expérience soit obscure, & qu'il n'y entre d'autre lumière que celle qui passe à travers l'objectif L; au défaut d'une chambre obscure un rideau peut écarter toute lumière étrangère aux images, & mettre l'œil à couvert de ses impressions. Pour lors on aura une chambre obscure portative.

119. Si on ôte le miroir MI & que l'objectif L soit d'un court foyer les images se peindront renversées sur le fond IK de la boîte, ou bien en ôtant ce fond elles iront se peindre sur une toile à une plus grande distance pourvu que ce soit dans une chambre obscure, & elles seront d'autant plus petites que les objets seront plus éloignés comme il a été prouvé. (art. V. n. 38. 39.) Si on peint de petites figures sur de lames de verre avec des couleurs transparentes, & qu'on les passe renversées devant l'objectif à une distance plus grande que n'est celle de son foyer, elles se peindront droites & extrêmement grandes. Car l'objectif renverse les images des objets qui sont droits, donc il redresse les images de ceux qui sont renversés; & parce que plus l'objet est proche plus son image est éloignée, & que la grandeur augmente à proportion de l'éloignement, il s'ensuit que celles des petites figures dessinées sur le verre doivent être considérablement plus grandes que les objets mêmes. Il est nécessaire que les lames de verre soient plus distantes de l'objectif que l'objectif n'est de son foyer, sans quoi les rayons qui partent d'un même point sortiroient de l'objectif parallèles entr'eux ou divergens & ne peindroient aucune image distincte. Si on fait

l'expérience durant la nuit, on enferme dans une lanterne la lampe qui doit éclairer les petites figures, & l'on la place au foyer d'un miroir concave qui est au fond de la lanterne, de sorte que la lumière qui tombe sur cette concavité est réfléchié parallèlement à l'axe & elle traverse perpendiculairement les lames de verre, & fait le même effet que la lumière du Soleil : ainsi les petites figures se peignent au loin & d'une grandeur extraordinaire eu égard à la petitesse des objets. C'est le peu de proportion qu'il y a entre l'une & l'autre grandeur qui a fait donner le nom de lanterne magique à la lanterne qui en éclairant de si petites figures les fait paroître si grandes. L'œil artificiel est une espece de chambre obscure. La lumière qui y entre par l'ouverture antérieure se refracte à travers un verre lenticulaire comme au travers du cristallin & des autres humeurs de l'œil naturel, & va peindre au fond du globe de carton ou de bois les images renversées des objets ainsi que sur la retine.



## LES COULEURS.

VI. 1. **L**Es couleurs, comme les autres qualités sensibles, ont trois ou quatre rapports différens, soit avec nous-mêmes soit avec ce qui est hors de nous. 1°. Les couleurs ne paroissent que là où est la lumière, & elles semblent en être une modification ; on diroit qu'elles sont répandues sur les corps, & que c'est là leur siege, & le sujet où elles résident principalement : elles ébranlent l'organe de la vûe, & excitent dans l'ame un certain sentiment. On convient assez généralement à présent que les couleurs hors de nous n'ont rien de semblable à la perception que nous en avons, leur principale propriété c'est de paroître ou d'être visibles ; car qu'est-ce qu'une couleur qui ne paroît point ? Pourroit-on bien la définir & la désigner par son caractère particulier & distinctif ? Com-

me on définit l'espace qu'un corps occupe, sa figure, son éloignement ou sa distance, son mouvement ou l'espace qu'il parcourt : or la vision ou le sentiment que l'on a d'une couleur n'apprend point ce qu'elle est ; elle est cause, parce qu'elle se fait sentir ; mais elle n'est point objet, parce que ce sentiment ne contient rien qui nous fasse connoître ce qu'elle est en elle-même : ce seroit donc une entreprise vaine & inutile de vouloir approfondir la nature des couleurs par les sens. Les sens nous les font bien distinguer les unes des autres avec leurs différenres nuances ; mais le fond en demeure toujours inconnu ; les sens nous découvrent bien que cela est, ou la verité du fait ; mais ils nous laissent ignorer comment la chose est. En effet les expériences que M. Newton a faites sur les couleurs avec un soin infatigable & en grand nombre l'ont seulement conduit à s'assurer qu'il y a dans la lumiere certaines dispositions permanentes & inaltérables que la réflexion & la refraction ne sçauroient changer : ayant donc à exposer avec brieveté ce que le sens & l'expérience ont fait découvrir de plus considérable dans les couleurs, il ne faut pas s'attendre à un enchaînement de propositions touchant leur essence.

2. Avant M. Newton on supposoit sans autre examen que la lumiere est homogène dans ses parties, c'est-à-dire, que les parties qui la composent sont de même figure, qu'elles sont également grosses, & que le corps lumineux qui les lance leur imprime à toutes la même vitesse, que les couleurs qu'on y observe sont l'eslet de la refraction, que ce sont des modifications passageres que la lumiere acquiert & perd en passant & repassant par différens milieux ; mais les expériences de M. Newton détruisent ces préjugés, & prouvent invinciblement que la lumiere est composée de parties étherogènes, ou ce qui est la même chose que ces parties ont été constituées d'origine, les unes autrement que les autres, & qu'elles gardent invariablement la disposition intime qu'elles ont une fois reçue. Les couleurs dont elles paroissent ornées ne sont point des



modifications qu'elles acquièrent ou perdent indifféremment par la refraction ; la refraction demêle seulement les couleurs sans les produire , elle fait pour ainsi dire un triage ; les parties d'une même couleur étant séparées de la sorte deviennent sensibles sous cette couleur , laquelle ne paroïssoit point auparavant par son mélange avec les autres.

3. Les propositions suivantes contiennent le précis des découvertes de M. Newton par rapport à la lumière & aux couleurs ; on les met au nombre de 5.

1°. Les rayons des différentes couleurs sont inégalement refrangibles. Par exemple , deux objets l'un rouge & l'autre bleu ou violet envoient de la lumière sur un même verre à égales incidences , l'expérience démontre que le détour de la lumière bleue est beaucoup plus grand que le détour de la lumière rouge.

2°. La lumière du Soleil est composée de rayons qui sont aussi inégalement refrangibles.

3°. Entre les rayons de la lumière du Soleil , ceux qui sont les plus refrangibles ont aussi une plus grande facilité à être réfléchis.

4°. Lorsque la lumière du Soleil a été décomposée en ses couleurs simples ou homogènes , chacune en particulier se refracte régulièrement , c'est-à-dire qu'elle ne se dilate point , & n'occupe qu'une étendue proportionnée à la loi de la refraction qui lui est propre ; & les objets qu'on regarde à travers un prisme ou un verre lenticulaire à la faveur d'une telle lumière paroissent très-distincts : mais lors qu'on les regarde avec un prisme à une lumière étherogène , on les voit troubles , confus & mal terminés.

5°. Toute lumière simple ou homogène à sa couleur propre , laquelle ne peut être changée ni par réflexion ni par refraction.

4. M. Newton a fait les expériences qui prouvent ces propositions avec des verres lenticulaires & avec de prismes triangulaires aussi de verre. Le prisme triangulaire est un solide qui a trois faces qui sont autant de

parallogrammes, & deux bases paralleles triangulaires. On représente assez souvent un prisme par une de ses bases. L'axe est une ligne qui traverse perpendiculairement les deux bases par le milieu, il est parallele aux faces. C'est autour de l'axe que l'on conçoit que le prisme tourne, lorsqu'on présente ses différentes faces à la lumiere des objets & principalement du Soleil.

5. Avant que d'en venir aux expériences de M. Newton, il ne fera pas hors de propos de voir quels sont les effets les plus généraux du prisme lorsqu'on l'expose à la lumiere. 1°. Si on tourne un prisme autour de son axe en présentant successivement ses différentes faces au Soleil, & si on reçoit sur une surface verticale, par exemple, un mur, la lumiere qui le traverse on voit qu'elle monte & qu'elle descend. Cela doit arriver de la sorte. Car les rayons incidens sont tantôt plus tantôt moins inclinés aux surfaces refringentes à mesure que le prisme tourne, donc les détours que la lumiere prend doivent être plus ou moins grands selon les incidences; par conséquent la lumiere refractée doit être dans un mouvement continuél tant que le prisme tourne: or puisque la lumiere monte & descend, il s'ensuit qu'il y a un tems entre le dernier instant de la montée & le premier de la descente où elle est stationnaire; c'est-à-dire qu'elle ne monte ni ne descend, quoiqu'on continue de tourner le prisme; car son mouvement se ralentit à mesure qu'elle approche du plus haut point de la montée, & elle doit paroître pendant un peu de tems comme immobile lorsqu'elle y est arrivée, ce qui est d'ailleurs confirmé par l'expérience.

2°. Si on regarde à travers un prisme pendant qu'on le tourne autour de son axe, on voit de même les images des objets monter & descendre. Cet effet est le même que le précédent, avec cette seule différence que dans l'expérience présente l'œil voit les images par refraction, parce que les objets sont en devant du prisme, & que dans la précédente il les voit par la lumiere reflechie de dessus le mur; parce que les objets sont derriere le prisme ou du même

même côté que celui qui le tourne ou qui regarde au travers.

3°. Si on reçoit sur un prisme un trait de la lumière du Soleil, la réfraction la décompose en plusieurs couleurs semblables à celles de l'Iris ou de l'Arc-en-Ciel; si l'expérience se fait dans une chambre obscure, elles paroissent dans tout leur éclat & leur vivacité; si c'est en plein air, la lumière du jour les palit. Elles s'arrangent dans cet ordre les unes à côté des autres, le rouge qui est la plus brillante de toutes tient le premier rang, suivent le jaune ou l'orangé, le verd, le bleu & le violet. Si on est dans un lieu obscur elles paroissent aussi sur les corpuscules ou brins de poussière qui voltigeant dans l'air se rencontrent sur le passage de la lumière. Ces choses supposées on va décrire les expériences qui prouvent chacune des cinq propositions qu'on vient d'énoncer.

6. La première, sçavoir que les rayons des différentes couleurs sont différemment refringibles se prouve par l'expérience qui suit.

ABCcab ( Fig. 100. ) est un prisme triangulaire de verre, dont la face BbcC est horizontale, on le place devant une fenêtre MN, de façon que les vives arêtes ou côtés Aa, Bb, Cc soient parallèles au mur. DE est une bande d'un papier très fort sur laquelle on a d'abord étendu une couleur noire, & après avoir tiré une ligne FG qui divise la longueur en deux parties égales; on a mis en rouge la moitié IG, & en bleu l'autre moitié FH; & afin de rendre le phénomène plus sensible, on a choisi les couleurs les plus foncées & qui ont même de l'épaisseur. La bande de papier étant ainsi préparée, on la place horizontalement devant la fenêtre MN, plus près que n'en est le prisme; les longs côtés DI, HE étant parallèles au mur. Voici ce qui arrive, si on regarde à travers le prisme l'objet DE paroît plus élevé qu'il n'est, car la réfraction change le lieu apparent; mais ce qu'il y a à remarquer principalement dans cette expérience, est que la moitié bleue dg paroît plus élevée que la moitié rouge fe: si on tourne

le prisme, les côtés  $Aa$ ,  $Bb$ ,  $Cc$  demeurant paralleles au plancher ou à l'horison, la réfraction abbaissera l'objet  $DE$  & il paroîtra en  $\delta e$ , la moitié bleue  $\delta \gamma$  fera plus basse que la moitié rouge  $\phi e$ .

7. D'où il suit manifestement que les rayons de la couleur bleue & de la rouge sont différemment refrangibles puisque la seule réfraction sépare les deux couleurs, & parce que dans toutes les incidences que la lumière réfléchie par l'objet  $DE$  sur le prisme à mesure qu'on le tourne, le bleu paroît toujours plus haut ou plus bas que le rouge; il s'ensuit que les rayons de la couleur bleue sont plus refrangibles que les rayons de la couleur rouge, puisqu'ils prennent un plus grand détour. Ce n'est pas là la seule expérience qui démontre l'inégale refrangibilité des rayons des différentes couleurs. En voici encore une qui porte la chose au plus haut point d'évidence.

8. On attache à un mur la bande  $DE$  (*Fig. 101.*) après l'avoir entourée à plusieurs reprises d'un fil de soye noire, comme il paroît. La ligne  $FG$  qui sépare les deux couleurs étant verticale ou perpendiculaire au plancher, on place au-devant une loupe  $AB$  à une distance telle que les rayons qui partent d'un même point concourent après la réfraction en un autre point autant distant que l'est le point radiant. (Le foyer du verre étant connu, il est aisé de déterminer ce point de concours, par ce qui a été dit de la réfraction à travers les verres spheriques, lorsque les rayons incidens partent d'un point radiant qui est à une distance finie.) On éclaire la bande  $DE$  avec une bougie allumée, & on reçoit la lumière réfractée au-delà de la loupe en présentant un papier blanc que l'on avance ou que l'on recule jusqu'à ce que les deux couleurs paroissent les plus foncées qu'il se puisse: on connoît qu'elles sont dans ce degré lorsque les divers tours du fil noir se peignent bien distinctement ou que leurs ombres sont nettes & bien tranchées: or on trouve que là où le rouge est le plus vif & les ombres des filets noirs qui sont par dessus très-distinctes, le bleu est foible & pâle, & que les



ombres des filets noirs qui y répondent sont toutes brouillées ; mais si on approche d'avantage le papier blanc le contraire arrive , c'est-à-dire , que le rouge perd son éclat & les ombres du fil qui l'entoure sont brouillées à leur tour , tandis que le bleu paroît dans toute sa force , & que les ombres du fil sont très-nettes. Or il paroît par cette expérience que non-seulement les rayons des deux couleurs sont inégalement refrangibles , mais encore que ceux de la couleur bleue le sont d'avantage , puisque pour trouver l'endroit où le concours est le plus abondant , il faut approcher le papier ou le présenter à une moindre distance. L'intervalle qui étoit entre les deux stations dans l'expérience de M. Newton étoit d'un pouce & demi.

9. On va prouver la seconde proposition , sçavoir que la lumière du Soleil est composée de rayons différemment refrangibles par l'expérience qu'on va décrire. On fait entrer dans une chambre obscure un trait de la lumière du Soleil par un trou F qu'on perce au volet EG (*Fig. 102.*) d'une fenêtre , d'environ 3 ou 4 lignes de diamètre , on y applique un prisme triangulaire ABC de verre sur lequel tombe le trait de lumière qui s'introduit , & on le tourne autour de son axe qu'on suppose parallèle à l'horison ; la lumière réfractée , ou ce qui est la même chose , l'image du Soleil monte & descend comme il a été dit ; on observe à quel endroit elle est stationnaire comme en PT ; on mesure sa longueur & sa largeur , & on trouve qu'elle est 5 fois plus longue que large : les couleurs sont à la suite les unes des autres , le rouge en T , & le bleu ou le violet vers P. Cela posé : si les rayons de la lumière du Soleil étoient tous également refrangibles l'incidence étant la même pour tous ceux qui passent par l'ouverture F , la réfraction devoit être égale pour tous ; alors l'image du Soleil seroit ronde : mais puisqu'elle est plusieurs fois plus longue que large , il est nécessaire qu'il y ait des rayons dont les réfractions soient plus grandes ; & parce que c'est le violet dont l'écart ou le

détour est toujours le plus grand , il s'ensuit que les rayons de la couleur violette sont les plus refrangibles. Si on regarde à travers le prisme le cercle de lumière qui répond à l'ouverture F , il paroît aussi oblong avec ses différentes couleurs séparées les unes des autres.

10. Comme la lumière du Soleil est d'abord tombée sur le prisme ABC dont l'axe est horizontal , & que l'image est devenue oblongue , il semble qu'en recevant cette lumière ainsi allongée sur un prisme dont l'axe est vertical ou à plomb , elle doit devenir dans ce second passage quarrée ou autant large que longue , puisque le second prisme est tout autrement située que le premier : cependant l'image n'en devient que plus longue sans s'élargir , mais elle est inclinée , & c'est encore le bleu ou le violet dont l'écart est plus grand. Si on fait passer cette lumière oblongue par un plus grand nombre de prismes , elle ne s'élargit point & les couleurs gardent toujours entr'elles le même ordre & ne perdent point leur rang , le violet prenant toujours le plus grand détour. Ce qui prouve encore l'inégale refrangibilité. On observe dans l'expérience présente que l'image oblongue du Soleil est composée de divers cercles colorés couchés les uns sur les autres , comme seroient des jettons étendus sur une table de façon qu'ils se cachent *sen* partie ; tant que ces cercles demeurent ainsi engagés les uns dans les autres , les couleurs qui se montrent dans l'image du Soleil ne sont ni pures ni simples ; parce que leur séparation étant imparfaite , chacune est altérée par quelque mélange des autres ; si pour en venir à une séparation entière on réussit à éloigner tous ces cercles les uns des autres , de manière qu'il y ait quelque intervalle entre deux , pour lors la couleur qui est en-dedans de chacun est simple & homogène , & quelque soit le nombre & la variété des réfractions qu'on lui fait souffrir ensuite , elle demeure inaltérable comme il sera prouvé. Voici la manière de séparer les couleurs simples de l'image du Soleil.

On diminue le trou F & on ne lui donne qu'environ la dixième partie d'un pouce ; plus le trou est petit , pourvû qu'il laisse passer autant de lumière qu'il en faut pour l'expérience , plus l'effet est sensible , & plus la séparation est parfaite. On place une loupe à une certaine distance du trou proportionnée à la longueur du foyer , en sorte que la lumière qu'elle réfracte puisse peindre sur le mur opposé , ou sur une toile à une moindre distance que n'est le mur , l'image du Soleil bien nette & bien terminée ; on place encore entre la loupe & la toile ou la surface qui reçoit l'image , un prisme triangulaire de verre de façon que l'axe soit vertical ou à plomb ; on le tourne dans cette situation autour de l'axe jusqu'à ce que l'image oblongue du Soleil soit stationnaire ; pour lors les cercles qui se couvroient en partie sont entièrement dégagés , ne se touchent plus & on les voit très-distincts & bien tranchés. Cette expérience fait trouver sept cercles , & par conséquent sept couleurs dans l'image oblongue. Le rouge & le violet sont aux extrémités comme dans les expériences précédentes , & allant du rouge vers le violet suivent les autres couleurs dans cet ordre , l'orangé , le jaune , le verd , le bleu , & l'indigo qui précède immédiatement le violet. Il est clair que chaque cercle est une image du Soleil , & que chaque couleur forme la sienne à part : ainsi l'image blanche du Soleil se divise en sept autres qui ont chacune cette couleur particulière qui est simple ou homogène. M. Newton rapporte qu'en suivant cette méthode il a rendu cette couleur 60 ou 70 fois plus simple que n'est la lumière blanche ou étherogène du Soleil.

II. On prouve la troisième proposition , sçavoir que les rayons qui sont les plus réfrangibles se réfléchissent plutôt ou avec plus de promptitude ; ainsi le violet comme le plus réfrangible est le plus aisé à être réfléchi. L'expérience se fait en cette sorte.

On prend deux prismes triangulaires BAC BDC (Fig. 103.) parfaitement égaux les angles AD étant droits , & les angles aigus chacun de 45 degrés ; on applique les

faces opposées aux angles droits l'une à l'autre ; en sorte que les deux prismes semblent n'en faire qu'un de figure parallélopipède ; on présente une des faces qui forment l'angle droit, telle que AB, au trait de lumière qui passe par le trou F, de manière que l'incidence se fasse à angles droits ou soit perpendiculaire à la face AB. Le trait FN pénétrera sans se rompre, & tombant en ligne droite sur la face BC, il se rompra en rentrant dans l'air, car il y en a entre les deux faces qui se touchent, parce qu'elles ne se touchent point parfaitement ; il se rompra encore en pénétrant dans le prisme BDC : mais parce que les deux faces qui se touchent sont parallèles, les réfractions seront égales & en sens contraires, comme il a été prouvé ailleurs. ( art. V. n. 9. ) Car le trait de lumière s'approchera autant de la perpendiculaire en entrant dans le prisme BDC qu'il s'en étoit éloigné en sortant du prisme BAC ; donc le trait de lumière pénétrera jusqu'à la face DC comme s'il n'avoit point été rompu & qu'il eut été mû en ligne droite, donc son incidence sur la face DC sera perpendiculaire, par conséquent il sortira du prisme BDC sans se rompre, & ira rencontrer le prisme IKH, & après l'avoir traversé il peindra sur un mur ou sur une toile l'image oblongue PT. Les choses étant ainsi disposées, si on tourne les deux prismes ABDC, comme ne faisant qu'un seul corps, & autour de l'axe commun lequel passe par le milieu de BC, l'incidence du trait de lumière FM cessera d'être perpendiculaire à la face AB, & deviendra si oblique aux faces BC qu'il ne pourra plus sortir du prisme BAC, ni entrer dans le prisme BDC ; pour lors la lumière est réfléchie à la rencontre de la face BC faisant l'angle de réflexion égal à l'angle d'incidence, & se rompant sur AC va peindre l'image du Soleil en *pt* ; mais tout le trait n'est point réfléchi à la fois, l'image *pt* ne se forme que peu à peu, & à mesure que les couleurs s'effacent dans l'image PT, elles reparoissent dans l'image *pt* ; & comme elles ne s'effacent que successivement dans PT, elles ne sont réfléchies vers *pt* que les unes après les autres : or c'est le



violet qui est réfléchi le premier, & qui le premier paroît dans l'image  $pt$ ; les autres couleurs l'indigo, le bleu, le verd, le jaune, l'orange & le rouge s'effacent chacune suivant son rang dans l'image  $PT$ , & prennent aussi-tôt leur place dans l'image  $pt$ . Cette expérience prouve tout à la fois que les rayons de différentes couleurs sont inégalement réfrangibles, puisque les uns peuvent traverser les deux prismes  $BAC$   $BDC$ , tandis que les autres ne peuvent s'insinuer que jusqu'à la surface commune  $BC$ , n'ayant pas la force de pénétrer plus avant; & que les uns ont plus d'aisance ou de facilité à être réfléchis que les autres, puisque rencontrant tous ensemble la surface commune  $BC$  des deux prismes, les uns se réfléchissent pendant que les autres continuent d'aller en avant; & parce que les rayons du violet qui sont les plus réfrangibles sont aussi les premiers à peindre l'image  $pt$ ; il s'ensuit qu'ils sont les plus aisés à être réfléchis. Le degré d'aisance ou de promptitude diminue ensuite en remontant jusqu'au rouge qui est le dernier & le plus difficile à être réfléchi.

12. Tant que les couleurs que le prisme développe dans la lumière du Soleil demeurent confondues ou mêlées ensemble, l'image qu'elles peignent est toujours plus longue que large; mais lorsqu'elles ont été séparées par la méthode qu'on a indiquée, qu'elles ne sont plus altérées par aucun mélange sensible des autres, que chacune d'elles peint son cercle à part & isolé, distinct & bien terminé, en un mot qu'elle est simple & homogène, pour lors chacune se réfracte régulièrement, c'est-à-dire qu'elle ne se dilate point ou n'occupe pas plus de place dans un sens que dans un autre. C'est la quatrième proposition qu'on prouve ainsi. On reçoit sur une des faces d'un prisme triangulaire une de ces lumières colorées toute seule, elle en traverse l'épaisseur comme fait la lumière blanche, & l'image qu'elle peint est ronde de même que le corps du Soleil, & le trou du volet; si on la regarde à travers le prisme on la voit aussi arrondie; le prisme ne change point non plus

la figure des corps qu'on expose à cette lumière<sup>1</sup>, tout est net, sans nuages & sans confusion ; c'est le contraire de ce qu'on éprouve avec la lumière blanche & etherogène ou composée de toutes les couleurs. Il paroît donc que chaque lumière simple & homogène se réfracte regulierement & qu'elle ne s'étend pas plus dans un sens que dans un autre. On peut encore conclure de-là que la disposition qu'un trait de lumière blanche qui traverse un prisme a à s'étendre plus dans un sens que dans un autre, quoique rond, n'est point accidentelle ni un effet du prisme, mais inhérente, originaire & naturelle.

13. La cinquième proposition, sçavoir que chaque lumière simple & homogène a sa couleur propre, laquelle ne peut être changée ni par la refraction ni par la réflexion est une conséquence des expériences précédentes. Car suivant ce qui vient d'être dit, une lumière simple & homogène se réfracte regulierement, & elle se conserve telle qu'elle est sans altération & sans qu'il lui arrive de changement sensible, quoiqu'on lui fasse traverser divers prismes, & qu'elle se rompe plusieurs fois. La réflexion ne la change point non plus, car si on expose à cette lumière des corps de différentes couleurs, ils paroissent toujours de la couleur de la lumière simple qui les éclaire, perdant pour ainsi dire la leur ; si la lumière simple est rouge ils paroissent rouges, verts si elle est verte ; & ainsi des autres couleurs. La réflexion & la refraction ne sçauroient donc changer la couleur d'une lumière simple ; la couleur qu'elle a lui est donc propre & naturelle, & elle est indestructible tant que cette lumière est simple, puisque rien ne peut l'alterer.

14. M. Mariotte dans son traité des couleurs se déclare contre cette cinquième proposition qui est comme le résultat des expériences de M. Newton, & pour la combattre il apporte une expérience en ces termes : recevez sur un carton blanc à une distance d'environ vingt-cinq ou trente pieds un petit rayon solide qui aura passé par un prisme, vous verrez que les couleurs occuperont un es-

pace de plus de 10 pouces ; ( c'est l'image oblongue & colorée des expériences précédentes ) dont le rayon rouge en contiendra plus de deux & le violet plus de trois , faites que l'extrémité du violet passe par une petite fente d'environ deux lignes de largeur taillée exprès dans un carton , & recevez cette lumière violette fort obliquement sur un autre prisme au-delà du carton ; alors vous verrez dans la lumière qui aura passé à travers ce second prisme , du rouge jaune dans la convexité de la courbure ( du trait de la lumière : ) or dans cette distance de 30 pieds le violet se fera séparé entièrement des rayons rouges qui en seront éloignés de plus de quatre pouces. Par conséquent dans cette expérience quelque partie de la lumière qui étoit violette sera devenue rouge & jaune par la rencontre du second prisme.

15. Le même changement arrivera si on fait passer l'extrémité du rouge dans la fente du carton , car on verra du bleu & du violet au-delà du second prisme. Pour bien faire cette expérience , il faut que la chambre soit fort obscure & qu'il ne passe par la fente du carton aucune lumière sensible que celle qui est colorée , ce que vous connoîtrez , si détournant le second prisme de la rencontre de la lumière rouge ou violette qui passe par la fente du carton , on ne voit plus les lumières diversément colorées. Par cette expérience , conclut M. Mariotte , il est évident qu'une même partie de lumière reçoit des couleurs différentes par de différentes modifications , & que & que l'ingénieuse hypothèse de M. Newton ne doit point être reçue.

16. Cette expérience de M. Mariotte & la conséquence qu'il en tire seroient sans réplique , si le prisme seul séparoit les couleurs autant qu'elles peuvent l'être : tant que les cercles qui composent l'image oblongue se cachent en partie & qu'ils ne sont point tout à fait éloignés les uns des autres , les couleurs ne sont ni pures ni simples : qu'on parvienne comme M. Newton à rendre la lumière de chaque couleur 60 ou 70 fois plus simple que

n'est la lumière blanche, pour lors le mélange s'il en reste ne sera pas à craindre, & le prisme ne sçauroit alors changer certaines parties d'une couleur ainsi épurée en d'autres couleurs. On peut ajouter suivant la remarque de M. Wolf que l'expérience de M. Mariotte ne prouve point que la couleur rouge ou violette ait été changée par la réfraction en d'autres couleurs puisque le fond du violet & du rouge demeure, elle prouve seulement que ces couleurs étoient encore mêlées.

*Conséquences qui suivent naturellement des expériences  
de M. Newton.*

17. 1°. Le blanc n'est point une couleur particulière ; c'est l'assemblage de toutes les couleurs simples, & il naît de leur mélange. Elles sont au nombre de 7 comme il a été dit. Le rouge, l'orangé, le jaune, le verd, le bleu, l'indigo & le violet. En effet si après que ces couleurs ont été tirées hors de la couleur blanche on les laisse encore mêler ensemble, leur mélange donne un beau blanc.

18. 2°. Si on retire du blanc une ou plusieurs couleurs simples, ce n'est plus du blanc, la couleur varie selon le nombre & le degré de force des couleurs mélangées, en telle sorte qu'avec les sept couleurs primitives on peut assortir toutes les couleurs griffes qui se trouvent entre le blanc & le noir. M. Newton détermine même la quantité ou la proportion des mélanges ; & si la quantité ou la proportion est donnée, il prévoit la couleur composée qui en doit naître.

19. Voici la manière de procéder à ces mélanges par la voye de l'expérience, on peut se servir de la lumière réfléchie par l'image oblongue, ou bien de la lumière réfractée avant qu'elle tombe sur la surface destinée à la recevoir.

20. Supposons en premier lieu que le mélange doive se faire des parties de la lumière réfléchie, on présente un papier V (Fig. 102.) à l'image PT hors du cours de



la lumière réfractée ; on le tient fort près afin que l'effet soit plus sensible , & on l'incline de façon que la lumière réfléchie de l'image y puisse tomber ; si en le tenant dans cette inclinaison on l'élève plus ou moins il pourra recevoir la lumière réfléchie d'une ou de plusieurs couleurs , car on suppose que l'image PT est verticale ; si on élève le papier à la hauteur du rouge , il ne recevra que la lumière de la couleur rouge , & on n'y verra que du rouge ; si on l'élève à la hauteur de deux couleurs du rouge & de l'orangé , on verra un premier mélange qui tiendra de l'une & de l'autre ; si on l'élève à la hauteur de trois couleurs on aura un second mélange , & la couleur sera différente de toutes celles qu'on y aura vû jusqu'alors : & recevant ainsi successivement un plus grand nombre de couleurs les mélanges seront différens , & les couleurs composées qui en naîtront différencieront aussi de celles qu'on aura vû jusques là sur le papier.

21. Secondement si on veut que les mélanges résultent des parties de la lumière réfractée unies ensemble. On place une loupe MN ( *Fig. 104.* ) autant éloignée du prisme ABC qui reçoit le trait de lumière qui s'introduit par le trou F , que l'est le point G où se doit faire le concours de la lumière qu'elle réfracte , ainsi la lumière qui est divergente à la sortie du prisme , puisqu'elle va peindre une image qui est considérablement plus grande que le trou F , est rendue convergente en traversant la loupe , & il se forme en G un cercle de lumière blanche. Les rayons divergent ensuite du lieu G & se renversent , en sorte que ceux qui étoient à la droite passent à la gauche , & ceux de la gauche passent à la droite ; & si on reçoit ensuite la lumière en *pt* après la divergence des rayons du lieu G , on y voit toutes les couleurs que l'on remarque dans la lumière oblongue réfractée par le prisme seul , avec cette différence qu'elles sont plus belles & d'un clair plus vif. Ces choses supposées.

22. Il est certain que les rayons de la lumière paroissent avec leurs couleurs particulieres entre le prisme &

la loupe, puisque si on les y reçoit, ils y forment une image colorée; ils ne perdent point non plus leurs couleurs en traversant la loupe, puisque les mêmes couleurs reparoissent encore plus belles au-delà du concours en G: il est cependant certain que tous ces rayons colorés qui partent du lieu G étant amassés en ce même lieu forment un beau blanc; donc le blanc résulte du mélange des sept couleurs simples & homogènes que la réfraction sépare. Pour faire les autres couleurs on se sert d'un espee de rateau ou peigne XY, dont les dents sont disposées d'une maniere à intercepter telle couleur ou telle partie d'une couleur que l'on veut, & les intervalles laissent le passage libre au reste de la lumiere: or selon que l'on intercepte un plus grand ou un moindre nombre de couleurs, qu'on intercepte de chacune ou de plusieurs ou de quelques unes seulement une partie plus ou moins grande, on voit le petit cercle en G qui étoit blanc varier à chaque instant, & changer successivement de couleur ou de nuance: ainsi avec les sept couleurs primitives on peut former toutes les couleurs & leurs nuances par le mélange des différentes parties d'une lumiere réfractée selon la méthode qu'on vient de décrire.

23. On observera qu'en composant de la sorte différentes couleurs on en voit naître qui paroissent toutes semblables aux couleurs simples & originaires, mais ces couleurs factices diffèrent toujours essentiellement des couleurs homogènes en ce qu'elles peuvent être décomposés & être réduites en dernière analyse en leurs couleurs simples & composantes; il est vrai que l'œil n'est point assez fin pour appercevoir la différence qui se trouve entre les unes & les autres, mais ce n'est pas une raison de conclure qu'il n'y en a aucune, puisqu'on sçait d'ailleurs qu'il s'y en trouve.

24. On observera encore que les verres à facettes qui multiplient les objets, réfractent la lumiere dans quelques unes de leurs surfaces comme les prismes triangulaires. Ainsi le verre ABCDEF (Fig. 105.) dont les côtés ou

faces BC EF sont paralleles laisse voir dans sa partie BCEF l'objet *af* comme feroit un verre plan, c'est-à-dire que l'objet ne paroît ni augmenté ni diminué lorsqu'on le regarde à travers cette partie; il garde aussi ses couleurs naturelles & son lieu apparent n'est point changé. Mais le même objet envoyant aussi de la lumiere sur les parties CDE, BAF elles feront l'effet de deux prismes triangulaires puisqu'elles en ont la figure; c'est pourquoi l'objet paroîtra encore en *he* & en *pn*, mais augmenté comme l'image du Soleil & avec des couleurs semblables: ainsi le point *a* fera vû en *mn* avec du bleu & du violet & en *gh* avec du rouge & du jaune, & le point *f* sera vû en *ps* avec du rouge & du jaune & en *ei* avec du bleu & du violet.

*Explication de quelques Phénomenes dépendans de la difference réfrangibilité des rayons. de la lumiere.*

25. 1°. On s'est apperçû il y a long tems que les telescopes composés de verres sont défectueux, car quoique l'objectif amasse beaucoup de lumiere, il y a cependant entre l'œil & l'objet comme un brouillard, un espede de nuage, une obscurité qui nuit à la claire vision. On en rejettoit la faute en partie sur l'imperfection de l'art, & en partie sur ce que les verres spheriques ne réunissent pas exactement en un même point les rayons qui partent d'un seul point: on obvie à ce second inconvenient en donnant peu d'ouverture aux verres, ce qui prive le telescope d'une partie de la lumiere qui n'est jamais trop abondante lorsqu'on a à regarder des objets éloignés, à moins que ce ne soit le Soleil même; d'ailleurs plus l'ouverture d'un verre est petite, plus le champ qu'il embrasse ou qu'il laisse voir est aussi petit; ainsi on ne corrige un défaut qu'imparfaitement, & par un moindre.

Mais depuis que M. Newton a démontré que la lumiere est composée de rayons différemment refrangibles, lesquels ont chacun leur couleur propre & naturelle, il a

fait observer que les telescopes ne sont susceptibles que d'une certaine perfection, & qu'ils auront toujours un défaut qu'il sera impossible à l'art de corriger. Qu'on suppose si l'on veut que les surfaces des verres sont parfaitement spheriques, ou même que leur courbure est telle qu'elle donne des points de concours exacts en supposant que les rayons de la lumiere sont également refrangibles, il est cependant certain qu'ils le sont inégalement; on ne sçauroit donc empêcher qu'en voulant les assembler en un point ils ne refusent pour ainsi dire, & ne se séparent les uns des autres, qu'il ne se fasse ensuite un mélange des rayons qui viennent de différens points, ce qui produit nécessairement une sorte de confusion: si les réfractions sont grandes ainsi qu'il arrive aux rayons qui ont leur incidence vers le bord du verre, la séparation en est plus grande, pour lors les couleurs commencent à se montrer, & on voit le bord coloré de bleu; si les réfractions deviennent plus considérables, la séparation des rayons augmente, pour lors le bleu ou le violet comme le plus réfrangible échappe à l'œil, & l'on voit les autres couleurs, le jaune ou même le rouge. Il y a donc une double nécessité de diminuer l'ouverture des verres. 1°. Parce que les verres spheriques ne donnent point un concours exact des rayons. 2°. Parce que la lumiere est composée de rayons différemment réfrangibles, & après qu'on la diminuée autant que les regles le permettent, le telescope demeure encore défectueux & imparfait.

26. M. Newton pour se délivrer des inconvéniens qui s'ensuivent de l'inégale réfrangibilité des rayons propose de se servir d'un telescope à reflexion, le modèle qu'il en donne est un peu différent du telescope à réflexion dont on a parlé auparavant. M. Newton n'emploie qu'un miroir concave & l'autre est plane. Le concave reçoit la lumiere immédiatement de l'objet, la refléchit sur le miroir plane lequel la refléchit à son tour sur un verre lentillaire auquel l'œil s'applique, & parce que l'axe du miroir concave fait avec le miroir plan un angle de 45,



degrés, & que la lumière est réfléchié par ce second miroir vers le verre lenticulaire sous le même angle de 45 degrés, il s'ensuit que le telescope étant dirigé vers les objets, pour les voir il faut regarder par le côté; ainsi le miroir concave n'est point percé comme dans l'autre telescope qui a été construit sur l'idée qu'en donne M. Jacques Gregori dans sa dioptrique, qui le premier a parlé du telescope à réflexion. Avec le telescope à réflexion on se met non-seulement à couvert du tort que peut faire la différente refrangibilité des rayons, mais on se délivre encore de l'embarras d'un long instrument difficile à gouverner: cependant non-obstant cette incommodité, on s'en tient toujours pour les observations astronomiques aux telescopes entierement composés de verres.

27. 2°. Lorsqu'en regardant un corps diaphane on voit seulement une ou quelques unes des sept couleurs, cela peut venir de ce que les angles d'inclinaison étant fort grands les incidences sont trop obliques pour que les rayons de toutes les couleurs soient réfractés, pour lors il n'y a que ceux dont les couleurs sont visibles, qui le soient ou qui le soient en quantité suffisante pour se faire sentir; les rayons des autres couleurs sont réfléchis en plus grande partie & ceux qui traversent le milieu & qui arrivent à l'œil sont trop foibles pour émouvoir l'organe. On en voit un exemple dans la refraction de la lumière à travers les vapeurs ou les petits nuages lorsqu'en certains tems ils paroissent rouges au lever & au coucher du Soleil, ou bien avant & après. Car alors les rayons rencontrent les surfaces refringentes fort obliquement eu égard à la situation de l'œil, la plupart sont réfléchis vers le haut lorsqu'ils sont sur le point de rentrer dans l'air & de tendre en bas où l'œil est situé, & il n'y a que ceux qui sont les moins prompts à se réfléchir, comme les rayons rouges qui ayent la force de pénétrer & d'arriver à l'horison, ce qui se comprend assez par ce qui a été dit des rayons rouges qui traversent deux prismes qu'on joint ensemble, tandis que les autres après avoir traversé le premier ne

peuvent pénétrer dans le second & retournent en arriere en se refléchissant. 2°. Il peut se faire que le milieu diaphane ou transparent refracte les rayons de toutes les couleurs & que cependant l'œil n'en voye qu'une , car comme ils sont tous différemment refrangibles, ils vont en s'écartant les uns des autres, comme on l'a vû dans l'image que peint un trait de lumiere qui pénètre un prisme , de sorte que si l'œil se trouve seulement dans le cours d'une des sept couleurs , ce sera la seule qu'il verra, & toutes les autres lui échapperont : s'il est dans le courant du rouge , il ne verra que le rouge & les autres couleurs seront par rapport à lui comme si elles étoient anéanties ou non existantes. On en verra encore des exemples dans l'explication de l'arc-en-Ciel.

28, 3°. Les couleurs que l'on appelle fixes & que l'on voit sur les corps colorés ne sont point différentes des couleurs de la lumiere. Une certaine configuration ou contexture des parties, des pores plus ou moins ouverts, autrement arrangés ou disposés, des parties solides plus ou moins grandes d'une courbure inégale, des surfaces différemment inclinées au cours de la lumiere ; c'est tout ce qui se trouve & que l'on peut imaginer dans les corps pour y former les couleurs dont ils paroissent colorés. Les corps peuvent recevoir toutes les couleurs sans qu'il leur arrive aucun changement & sans la lumiere ils n'en ont aucune. Cela se démontre par les expériences de M. Newton, suivant lesquelles si on expose un corps de quelque couleur qu'il soit lorsqu'on le voit au grand jour, si on l'expose, dis-je, à une lumiere homogène & simple de la même espece, il paroît de la couleur qui lui est propre ; mais si en plein jour le corps est, par exemple, rouge ou verd, il paroîtra néanmoins jaune ou bleu, s'il se trouve sur le passage de la lumiere simple jaune ou bleue : on remarque seulement que s'il reçoit la lumiere analogue à la couleur dont il paroît durant le jour, il la refléchit plus vive & plus abondante que les autres couleurs ; cependant il les refléchit toutes indifféremment.

Ainsi

Ainsi les corps paroissent teints des couleurs dont ils réfléchissent la lumière, rouges, verts, bleus s'ils réfléchissent la lumière rouge verte & bleue toutes pures; si les rayons réfléchis sont mélangés, la couleur est composée & elle peut varier infiniment selon le nombre des couleurs & la quantité du mélange. Mais que devient le reste de la lumière étherogène & blanche qui venant du Soleil ou d'un flambeau n'est point réfléchi? Elle pénètre les corps colorés & se perd en dedans. Car tous les corps sont poreux ou percés d'un nombre innombrable de petits trous, & l'on peut dire qu'ils sont transparens jusqu'à une certaine profondeur; ainsi qu'on peut s'en assurer en les sçiant en lames fort minces, car alors on voit le jour à travers; c'est pourquoi la lumière qui ne contribue en rien à former la couleur s'insinue comme dans un milieu transparent, & elle s'y réfracte de même; mais ne pouvant pénétrer d'un bout à l'autre elle se perd après bien de réfractions & de réflexions, & c'est l'extinction de cette lumière qui fait que les corps paroissent opaques.

### *L'Arc-en-Ciel.*

29. L'arc-en-Ciel ou l'Iris est un de ces phénomènes qui rendent attentifs toutes les fois qu'ils paroissent; quoique l'apparition de celui-ci soit fréquente, on ne s'en lasse point, on le trouve toujours nouveau, & on se fait un plaisir de le considérer; la variété & la vivacité des couleurs qui brillent dans ses bandes colorées, la courbure régulière de son arc qui est tantôt surbaissé, tantôt en plein ceintre sont autant d'objets qui piquent la curiosité, & l'esprit n'est point content qu'il n'en ait découvert la véritable cause.

30. M. Descartes a prouvé dans sa dioptrique & a fait comme toucher au doigt que l'Arc-en-Ciel procède de la manière dont les rayons se réfractent & se réfléchissent dans les gouttes de pluie, en sorte qu'il n'y a aucun lieu de douter que les choses ne se passent dans ce phénomène comme il les a décrites; excepté qu'il explique les cou-

leurs par des causes différentes de celles que l'expérience a fait trouver à M. Newton ; mais pour ce qu'il y a de géométrique son explication a été reçue & approuvée de la plupart des Sçavans. M. Mariotte qui n'est pas toujours favorable à cet auteur , après avoir dit dans son traité des couleurs qu'Antoine de Dominis auteur Italien dans un livre imprimé en 1611, explique assez bien l'Arc-en-Ciel intérieur par deux réfractions & une réflexion dans une même goutte , mais qu'il s'est trompé en ce qu'il a cru que les rayons qui tombent sur les extrémités des gouttes produisoient l'Arc-en-Ciel extérieur par deux réfractions & une seule réflexion , ajoute.... Enfin M. Descartes a expliqué l'Arc-en-Ciel intérieur par deux réfractions & une réflexion , & l'extérieur par deux réfractions & deux réflexions sur une même goutte d'eau avec tant d'exactitude & de vraisemblance , qu'il y a peu de Sçavans qui n'en soient demeurés d'accord.

31. L'Arc-en-Ciel paroît ordinairement double , l'un est intérieur & l'autre extérieur ; les couleurs y sont dans un ordre renversé & les mêmes que le prisme développe , & elles s'arrangent aussi selon le degré propre de réfrangibilité. Dans l'arc intérieur le rouge est extérieur , & le violet qui est le plus réfrangible est le plus intérieur ; & au contraire dans l'arc extérieur le rouge est le plus intérieur & le violet le plus extérieur. Ces deux arcs sont l'un au-dessus de l'autre & l'extérieur renferme l'intérieur : car ils sont concentriques comme des arcs de cercle qu'on décrirait d'un même centre.

32. La réfraction toute seule sans la réflexion ne sauroit rendre visibles les couleurs de l'Arc-en-Ciel , car le spectateur est situé entre le Soleil & le Phénomène : or la réfraction toute seule détermine la lumière à s'éloigner du Soleil ou de l'objet lumineux comme il paroît par tout ce qu'on a dit de la réfraction de la lumière à travers les verres ; cependant dans l'Arc-en-Ciel après que les rayons ont pénétré dans une goutte de pluie au lieu de prendre en sortant de la goutte un cours qui les éloigne du Soleil , ils



doivent au contraire, en rentrant dans l'air, revenir vers cet astre & s'en approcher, puisque le spectateur l'a derrière lui, & que d'ailleurs ce sont ces rayons là même qui produisent les couleurs visibles du phénomène : or ce détour & ce retour ne peuvent être l'effet de la seule réfraction : il est donc nécessaire qu'entre les deux réfractions qui se font à l'entrée & à la sortie de la goutte, il y ait quelque réflexion, une seule suffit dans l'arc intérieur ; mais il en faut deux dans l'arc extérieur, sans quoi les rayons colorés n'arriveroient point à l'œil.

33. M. Descartes considérant un balon de verre plein d'eau comme une goutte de pluie l'exposa à la lumière du Soleil, & se plaçant entre l'astre & le balon, il s'approcha & s'éloigna jusqu'à ce qu'il vît un rouge vif, il mesura l'angle que les rayons de cette couleur faisoient avec un des rayons, qui partant du centre de l'astre passoit par la prunelle, & il trouva que cet angle visuel étoit d'environ 42 degrés ; si l'angle augmentoit la couleur disparoissoit, & il ne voyoit plus que du blanc ; si l'angle de 42 degrés diminueoit le rouge disparoissoit, mais il voyoit d'autres couleurs : or dans l'Arc-en-Ciel intérieur les rayons qui viennent de l'extrémité supérieure de la bande rouge font avec le rayon qui part du centre du Soleil & qui passe par l'œil du spectateur un angle d'environ 42 degrés, d'où il suit que pour voir les couleurs de l'arc intérieur il est nécessaire que les rayons après deux réfractions & une réflexion entre deux parviennent à l'œil sous un certain angle, & que l'angle du rouge est le plus grand, l'angle que les autres rayons colorés font avec le rayon direct qui part du centre diminuant de plus en plus jusqu'aux rayons violets qui le font le moindre de tous.

34. M. Descartes s'approchant d'avantage du balon plein d'eau, afin d'augmenter l'angle visuel, il s'en approcha jusqu'à ce qu'il vît une seconde fois du rouge, il mesura l'angle que ces rayons colorés faisoient avec le rayon direct qui partoît du centre du Soleil, & il trouva qu'il étoit d'environ 51 degrés : si cet angle augmentoit

il voyoit d'autres couleurs , mais s'il diminueoit il ne voyoit plus que du blanc. L'on conclura comme dans le nomb. précédent que les rayons qui après deux refractions & deux réflexions produisent l'Arc-en-Ciel extérieur doivent arriver à l'œil sous un angle d'une grandeur déterminée sans quoi les couleurs disparoissent , & que cet angle formé par les rayons rouges & le rayon direct qui part du centre du Soleil & passe par la prunelle est le moindre & qu'il augmente à l'égard des autres couleurs , enforte que les rayons violets le font le plus grand de tous. Comparant l'angle de 51 degrés que les rayons rouges de l'arc extérieur font avec le rayon direct qui passe par l'œil , avec l'angle que les rayons rouges de l'arc intérieur font avec le même rayon direct , on trouvera que leur différence est d'environ 9 degrés ; ainsi l'arc intérieur est distant de l'extérieur d'environ 9 degrés conformément à l'observation.

35. Après avoir exposé ce que l'expérience apprend de l'Arc-en-Ciel, il reste à examiner d'où vient que les couleurs ne se manifestent que sous certains angles ; car la lumière qui entre dans une goutte se réfléchit en-dedans diversément, & à chaque réflexion il en sort quelque partie , enforte qu'elle peut venir à l'œil de tous les points de l'hémisphère qui est tourné vers le spectateur , & faire différens angles avec le rayon direct qui vient du centre du Soleil , & qui passe par la prunelle.

Pour éclaircir la question proposée , il faut d'abord considérer ce qui arrive aux rayons qui partent du centre du Soleil, & qui entrant dans une goutte de pluie après s'être refractés à l'entrée font une ou deux réflexions avant que d'en sortir. 1°. Le rayon SA ( *Fig. 106.* ) étant perpendiculaire à la surface sphérique , & passant par le centre O entre & sort sans se rompre ; mais le rayon FG parallèle au rayon SA étant oblique à la perpendiculaire d'incidence OF , se plie & s'approche de cette perpendiculaire faisant l'angle OFM , dont le sinus est au sinus de l'angle d'inclinaison OFK comme 3 à 4 ; car on considère ici la lumière comme étant encore composée de toutes

les couleurs, & dont la refraction se fait dans le rapport de 4 à 3 lorsqu'elle passe de l'air dans l'eau. Le rayon rompu FM rencontrant la surface spherique en M. se réfléchira suivant ME, faisant l'angle d'inclinaison OME égal à l'angle d'inclinaison OMF; & se rompant en E se détournera suivant ER, & fera avec EV parallele à SAO l'angle REV. 2°. Si le rayon FG (*Fig. 107.*) après s'être plié suivant FM fait deux réflexions avant que de sortir de la goutte, il ira d'abord en E, d'où il sera réfléchi en D, & sortant de la goutte se rompra suivant DR, & fera avec DV parallele à SAO l'angle VDR. Cela posé, trois conditions sont nécessaires de la part de la lumiere pour que l'œil voye les couleurs de l'Arc-en-Ciel. 1°. Qu'elle soit en quantité suffisante ou assez abondante pour émouvoir l'organe de la vûe. 2°. Que les rayons qui sortent d'un point sensible d'une goutte soient paralleles ou peu divergens, car s'ils étoient fort divergens, dans une grande distance ils se dissiperoient ou s'affoibliroient au point de n'avoir plus la force d'ébranler l'organe; car on sçait que la force de la lumiere ou sa quantité diminue en raison inverse des quarrés des distances. 3°. Les refractions de la lumiere ne doivent point se faire en sens contraires, comme lorsqu'elle passe à travers un milieu dont les surfaces sont paralleles, mais les rayons rompus & réfléchis doivent faire une courbure continue, en sorte qu'ils forment une même concavité. Car s'ils alloient en zig-zag comme lorsqu'ils traversent un milieu terminé par des surfaces paralleles, la seconde refraction détruiroit l'effet de la premiere, de sorte que les rayons des différentes couleurs ayant commencé à se séparer dans la premiere refraction se mêleroient de nouveau, & se confondroient en une lumiere blanche dans la seconde refraction: ainsi les couleurs demeureroient invisibles, & cependant les deux refractions doivent concourir à les demêler.

36. La seule inspection de la figure suffit pour appercevoir que cette troisième condition se trouve dans la lumiere refractée à travers une goutte de pluye, & réflé-

chie une ou deux fois entre les deux refractions ; car le rayon incident GF s'approche d'abord de la perpendiculaire d'incidence FO & se plie sur FM, & après s'être réfléchi vers E & ensuite vers D, s'il y a deux réflexions, il sort de la goutte en s'éloignant de la perpendiculaire d'incidence EO ou DO ; or il est visible que les parties GFMER, ou GFMEDR font une courbure continue, & qu'elles sont comprises dans une même concavité sans zig-zag ; donc les deux refractions de la lumière en F & en E, ou en F & en D doivent concourir à démêler les couleurs qui sont dans la lumière blanche du Soleil.

37. A l'égard des deux autres conditions il n'y a que le calcul qui les puisse vérifier. On cherche quel est le plus grand angle N ou REV que le rayon ER après la refraction en F & en E, & la réflexion en M fait avec l'incident GF prolongés l'un & l'autre en N. (*Fig. 106.*) Car ce plus grand angle étant connu, on saura qu'en deçà & en delà du rayon incident GF il y en aura plusieurs, qui après deux refractions & une réflexion entre deux sortiront près du rayon ER, & feront avec leurs incidens des angles sensiblement égaux à l'angle REV, & par conséquent parallèles à ER, & seront aussi en quantité suffisante pour ébranler l'organe de la vue. Car telle est la nature des quantités qui augmentent & qui ensuite diminuent, ou qui diminuent & augmentent ensuite, qu'autour de la plus grande & de la plus petite, il y en a plusieurs qui leur sont sensiblement égales. Par exemple, dans le cercle de part & d'autre de la plus grande des ordonnées au diamètre, laquelle ne diffère point du rayon il y en a plusieurs qui lui sont très-sensiblement égales. De même on a vu que pour déterminer le point de concours des rayons parallèles à l'axe, après qu'ils ont traversé un verre sphérique, on a cherché le point de concours de celui qui en est le plus proche & qui souffre la moindre refraction, parce qu'autour de ce rayon incident il y en a plusieurs, qui quoique considérablement éloignés de l'axe ne laissent pas de concourir sensiblement à la même



distance que le rayon qui en étant le plus proche se refracte le moins. Il est aisé d'appliquer ces exemples au sujet dont il s'agit. Par une raison semblable on cherche le moindre angle  $DNF$  ou  $DRT$ , en menant  $RT$  parallele à  $GF$ , que le rayon rompu  $DR$  après deux refractions en  $F$  &  $D$ , & deux réflexions entre deux, sçavoir, en  $M$  & en  $E$  fait avec le rayon incident  $FG$ . (*Fig. 107.*)

38. La raison pourquoi on cherche dans la premiere de ces figures le plus grand angle  $N$ , & dans la seconde le moindre angle  $N$  ou  $DNF$  ou  $DRT$ , c'est que suivant l'observation à laquelle l'expérience de M. Descartes est conforme, les couleurs de l'arc interieur se manifestent sous un certain angle, & tel qu'il n'augmente que jusqu'à un certain point, après quoi si on veut les appercevoir sous un plus grand, elles disparaissent; il faut donc chercher le plus grand angle  $N$  ou son égal  $REV$  ou encore  $ERT$  que le rayon rompu  $ER$  fait avec le rayon incident  $GF$ , ou avec le rayon  $RT$  qui vient aussi du centre du Soleil & qui passe par la prunelle en supposant que l'œil est au sommet  $R$  de cet angle, afin d'avoir l'angle sous lequel les couleurs commencent à se manifester. De même les couleurs de l'arc exterior paroissent sous un certain angle, lequel diminuant jusqu'à un certain point elles s'évanouissent si on veut les voir sous un moindre; il faut donc chercher le plus petit angle  $DNF$  ou  $DRT$  sous lequel elles commencent à paroître.

39. Cela posé, on peut trouver le plus grand angle  $ERT$  ou le moindre  $DRT$  en deux manieres. 1°. Par la méthode que MM. Descartes & Mariotte ont suivie, qui consiste à faire le calcul pour les rayons paralleles à l'axe  $SAO$  qui tombent sur le quart de cercle  $AB$  de degré en degré ou même de minute en minute, & à déterminer les angles  $N$  ou  $R$  qui leur répondent; cette méthode est longue, pénible & tatoneuse, parce qu'en la suivant on ne fait qu'approcher du point précis sans y arriver, comme on peut s'en assurer en ouvrant les tables que ces auteurs ont dressées de leurs calculs. La seconde maniere de

trouver le plus grand angle N ou ERT , & le moindre N ou DRT , c'est de se servir d'une regle que M. Newton a donnée , & qui est démontrée dans les leçons préliminaires physicomathematiques de M. Whiston. Suivant cette regle , qu'on rapportera après dans les termes qu'elle est conçue , le rayon incident GF étant éloigné de l'axe de 59 d. 24' fera avec le rayon rompu ER le plus grand N ou R de 42 d. 2' ; tout autre rayon qui tombera à une plus grande ou à une moindre distance de l'axe fera avec le rayon rompu qui se fera réfléchi une fois en dedans de la goutte avant que d'en sortir , un angle moindre que de 42 d. 2'. Suivant la même regle le rayon GF qui tombe sur la goutte à 71 d. 54' loin de l'axe , fait avec le rayon rompu DR qui s'est réfléchi deux fois en dedans de la goutte avant que d'en sortir , le moindre angle de 50 d. 57' ; tout autre rayon qui tombera sur la goutte plus près ou plus loin de l'axe fera avec le rayon rompu un plus grand angle. Cela paroît encore à quelque petite différence près par les tables que M. Mariotte a calculées pour les deux arcs interieur & exterieur.

40. On peut conclure de là & des remarques précédentes que la lumiere qui sortant d'une goutte d'eau , après s'y être réfléchi une fois , fait avec la direction de la lumiere incidente un angle de 42 d. 2' , & celle qui en sort après s'être réfléchi deux fois , sous un angle de 50 d. 57' est plus abondante & plus forte que tout autre lumiere , qui après un égal nombre de réflexions en sort sous d'autres angles. Si cette lumiere étoit homogène elle sortiroit toute parallele à elle-même ou très-peu divergente , mais parce qu'elle est composée de rayons différemment refrangibles , & que d'ailleurs les deux refractions qu'elle souffre tendent à les démêler ; il s'ensuit que la lumiere qui sort d'une goutte sous les angles qu'on vient de déterminer étant reçue à une grande distance sur une toile y peindroit une image oblongue & colorée , comme fait la lumiere qui sort d'un prisme triangulaire. Si l'œil se trouve dans le cours de cette lumiere il verra quelqu'une des

couleurs, mais il ne pourra pas les voir toutes dans la lumière réfractée par une seule goutte, parce que les rayons différemment colorés étant divergens, la prunelle est trop étroite pour les recevoir tous, on peut donc supposer que l'œil ne voit gueres qu'une couleur dans la lumière qui sort d'une goutte & que les autres lui échappent; si l'œil est, par exemple, en R & que les rayons ER DR soient rouges, les rayons bleus EZ DZ qui font avec les perpendiculaires d'incidence EO DO les plus grands angles comme étant les plus réfrangibles, ne rencontreront point la prunelle supposée en R dans le cours de la lumière rouge: il en fera de même des rayons des couleurs intermédiaires. Ainsi l'œil ne verra gueres que le rouge dans la lumière qui sort de la goutte. Il faut donc que la lumière des autres couleurs vienne d'autres gouttes; mais il faut déterminer sous quels angles elle doit arriver à la prunelle.

41. On vient de dire que les rayons rouges (*Fig. 106.*) après deux réfractions & une réflexion arrivent à l'œil sous un angle N ou REV ou ERT de 42 d. 2', les rayons les plus réfrangibles comme le violet, s'écartant d'avantage de la perpendiculaire d'incidence y arriveront sous un moindre angle, tel que ZEV ou TRX. si on fait le calcul sur le rapport de la réfraction propre à ces rayons, que M. Newton donne égal à celui de 109 à 81 lorsque le passage se fait de l'air dans l'eau, on trouve que le rayon rompu EZ fait avec l'incident GF le plus grand angle N ou ZEV ou TRX de 40 d. 17'; c'est pourquoi les gouttes d'eau qui fournissent à l'œil les rayons violets doivent être éloignées de celles qui lui envoient les rayons rouges ER, d'un angle ERX de 1 d. 45'. On a dit aussi que les rayons rouges DR qui sortent d'une goutte, après deux réfractions & deux réflexions, font le moindre angle N ou VDR ou DRT de 50 d. 57'; donc les rayons les plus réfrangibles ou les violets DZ s'écartant d'avantage de la perpendiculaire d'incidence feront l'angle VDZ plus grand que DRT: donc si du point R où est la prunel-

le on tire  $RX$  parallele à  $DZ$ , il fera nécessaire que les rayons violets parviennent à l'œil sous l'angle  $TRX$  plus grand que  $DRT$ ; & le calcul étant fait sur le rapport de 109 à 81, qui est propre aux rayons les plus refringibles ou les violets, on trouve que l'angle  $VDZ$  ou  $TRX$  qui est le moindre, que ces rayons fassent dans l'Arc-en-Ciel extérieur est de 54 d. 7'; c'est pourquoi les gouttes d'eau d'où les rayons violets doivent venir à l'œil en  $R$  sont éloignées de celles d'où viennent les rayons rouges d'un angle  $DRX$  de 3 d. 10'.

42. Puisque  $ER$   $EZ$  &  $DR$   $DZ$  sont les rayons extrêmes de la lumière colorée qui sort des gouttes; il s'ensuit que l'image qu'elle peindroit seroit comprise dans l'angle  $REZ$ ,  $RDZ$ , & que l'œil la verroit sous un angle égal  $ERX$   $DRX$ , si cette image étoit seulement produite par la lumière qui vient du centre du Soleil; mais les rayons qui viennent de l'un des bords, tel que  $HF$ , font avec les rayons  $GF$  qui viennent du centre un angle  $HFG$  d'environ 15'; donc le rayon rompu  $Eh$   $Dh$  qui correspond au rayon incident  $HF$  fera aussi avec  $ER$  un angle de 15'; & parce que l'incident  $HF$  fait avec la perpendiculaire d'incidence  $FO$  un angle moindre que celui que fait l'incident  $GF$ , il s'ensuit que le rayon émergent  $Eh$  ou  $Dh$  fera aussi avec la perpendiculaire d'incidence  $EO$  ou  $DO$  un moindre angle que ne fait  $ER$  ou  $DR$ ; par conséquent l'image entière sera comprise entre les côtés des angles  $hEZ$   $hDZ$  plus grands que les angles  $REZ$  ou  $RDZ$ : or la lumière qui vient du bord de même que celle qui vient du centre & celle qui vient des points d'entre d'eux se décompose aussi en ses couleurs: ainsi le trait  $Eh$  ou  $Dh$  est composé de toutes les couleurs de l'Arc-en-Ciel & elles se démêlent & se séparent les unes des autres, comme celles du trait  $ER$  ou  $DR$ ; donc si ces deux traits se confondoient en un, les couleurs de l'un se trouveroient étendues sur les couleurs de la même espèce de l'autre, le rouge sur le rouge, le bleu sur le bleu: mais parce que les traits  $ER$   $Eh$  (Fig. 106.) font un an-



gle, les couleurs d'une même espece feront aussi un angle dans les deux traits ; ainsi il arrivera que les couleurs de différentes especes se rencontreront dans les deux traits & qu'elles se mêleront , par exemple, le rouge de l'un avec le jaune ou l'orangé de l'autre ; par conséquent les couleurs du trait  $Eh$  en augmentant l'image ternissent les premières en se mêlant avec elles. Si l'on tire  $eR$  parallèle à  $Eh$  ou  $Dh$ , l'angle sous lequel l'œil en  $R$  verra toutes les couleurs sera égal à l'angle  $eRX$ , mais elles seront moins pures & moins vives que s'il ne les voyoit que par la lumière qui vient du centre.

43. Il est clair que l'angle  $ERT$  formé par les rayons rouges qui viennent du centre du Soleil & par le rayon direct  $RT$  qui vient aussi du centre, & qui passe par la prunelle, est augmenté de l'angle  $ERe$ , que les mêmes rayons rouges font avec les rayons rouges  $eR$  qui viennent du bord du Soleil, mais l'angle  $DRT$  est diminué de l'angle  $DRe$  que ces mêmes rayons font entr'eux : or on verra bientôt que l'angle  $ERT$  a pour base le demi diamètre de l'arc interieur à le prendre depuis le rouge que les rayons  $ER$  font voir : mais puisque l'angle  $ERT$  qui est de 42 d. 2' est augmenté de l'angle  $ERe$  de 15', il s'ensuit que l'angle  $eRT$  sera de 42 d. 17', & que l'angle  $ERX$  qui étoit de 1 d. 45' étant aussi augmenté de l'angle  $ERe$  sera de 2 d. 2' ; ainsi l'angle  $eRX$  sous lequel l'œil verra la longueur de l'image, ou la largeur de toutes les bandes colorées de l'Arc-en-Ciel interieur sera de 2 d. 2'. On verra aussi que l'angle  $DRT$  a pour base le demi diamètre de l'arc extérieur, à le prendre depuis le rouge que les rayons  $DR$  font voir ; mais puisque cet angle est diminué de l'angle  $DRe$  de 15' ; il s'ensuit que l'angle  $eRT$  ne sera plus que de 50 d. 42' ; car l'angle  $DRT$  est de 50 d. 57', & l'angle  $RDZ$  ou  $DRX$  qui étoit de 3 d. 10' sera augmenté de 15' ; c'est pourquoi la largeur de toutes les bandes colorées de l'arc extérieur soutendra un angle  $eRX$  de 3 d. 25'. D'où l'on voit que la lumière qui vient du bord du Soleil augmente la hauteur de l'arc in-

terieur en augmentant la largeur des bandes colorées ; mais en faisant cette augmentation dans l'arc extérieur , il en diminue la hauteur.

44. Après avoir considéré la lumière colorée qu'une goutte en particulier envoie à l'œil , il reste à voir comment une infinité de gouttes envoyant chacune une certaine quantité de lumière colorée , il s'en forme l'apparence de l'un & de l'autre arc. Supposons que O (Fig. 108) est l'œil du spectateur , & OP une ligne parallèle aux rayons qui partent du centre , elle a été nommée le rayon direct qui passe par la prunelle ; dans ce qui suit elle sera appelée l'axe de l'arc , parce qu'elle passe par son centre. Et soient POE , POF , POG , POH des angles de 40 d. 17' , 42 d. 2' , 50 d. 57' & 54 d. 7' ; ces angles sont les mêmes que ceux qui dans les figures 106 107 ont été nommés ERT , TRX , DRT , TRX. Tous ces angles étant mûs autour de leur côté commun ou axe OP , décriront par leurs autres côtés OE , OF , OG , OH les bords ou extrémités des deux Iris ou Arcs - en - Ciel AFBE , CHDG ; & si E , F , G , H sont des gouttes de pluie placées sur les circonférences décrites par les extrémités des lignes OE , OF , OG , OH , & qu'elles soient éclairées par les rayons du Soleil SE , SF , SG , SH qui viennent du centre , l'œil supposé en O se trouvera précisément dans le cours de la lumière violette ou rouge la plus abondante qui lui puisse venir de ces gouttes après une ou deux réflexions en dedans. Car le bleu le plus fort ou le plus foncé , après une réflexion dans la goutte E en sort faisant avec l'axe OP un angle EOP de 40 d. 17'. De même le rouge le plus vif qui sort de la goutte F fait avec le même axe un angle FOP de 42 deg. 2'. Le rouge le plus dense qui sort de la goutte G , après deux réflexions en dedans fait avec OP l'angle GOP de 50 d. 57'. Enfin le violet qui après un égal nombre de réflexions en dedans sort de la goutte H , fait aussi avec OP un angle HOP de 54 d. 7' ; donc l'œil placé en O est dans le

plus fort du courant des lumieres violette & rouge. Si plusieurs gouttes se trouvent sur les lignes OE OH, la lumiere s'y étant réfléchië en dedans une ou deux fois, elles enverront toutes à l'œil des rayons de la même couleur, & la lumiere étant plus dense le violet en fera plus sensible. Pareillement les gouttes qui seront sur OF OG, après que la lumiere s'y fera réfléchië une ou deux fois en dedans, feront voir un rouge foncé; les gouttes qui seront entre EF ou entre GH feront sentir les autres couleurs intermédiaires; & parce que les gouttes qui sont sur les circonferences décrites par les lignes OE, OF, OG, OH envoient à l'œil en O les mêmes couleurs que les gouttes E, F, G, H; il s'ensuit que de leur assemblage il se formera des bandes circulaires colorées de violet & de rouge.

Les rayons qui sortent des gouttes comprises entre ces deux bandes en formeront d'autres qui seront aussi colorées des couleurs qui leur sont propres, dans le même ordre & en même nombre que le prisme les développe, sçavoir dans l'arc interieur allant du dedans vers le dehors, le violet, l'indigo, le bleu, le vert, le jaune, l'orangé & le rouge, & poursuivant dans l'arc exterior ce sera d'abord le rouge, ensuite l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo & le violet qui est le plus exterior.

45. Il paroît par ce qui a été dit au nombre 43. que la largeur EF de l'arc interieur, laquelle ne seroit que de 1 d. 45' est augmentée en dehors de 15' par la lumiere qui vient du bord du Soleil, & que le diamètre ou la hauteur de cet arc ainsi augmenté est de 42 d. 17'; mais la largeur GH de l'arc exterior est augmentée en dedans d'une égale quantité, elle est donc de 3 d. 25', au lieu qu'elle ne seroit que de 3 d. 10', & la moindre hauteur de cet arc ou la distance qu'il y a de l'axe OP à la goutte G, laquelle seroit de 50 d. 57' ne sera plus que de 50 d. 42'.

46. Remarque. Ceux qui voudront calculer eux mêmes le plus grand angle FNE que le rayon émergent ER

prolongé fait avec le rayon incident GF aussi prolongé en N après s'être réfléchi une fois dans la goutte, ou bien le moindre angle DNF, que fait le rayon rompu DR avec l'incident GF après s'être réfléchi deux fois dans la goutte, pourront suivre ou le procédé de M. Mariotte, ou se servir de la règle de M. Newton. Pour cet effet on remarquera d'abord qu'à quelque distance de l'axe que le rayon incident parallèle GF rencontre la goutte, l'angle OFM (Fig. 106.) que le rayon rompu FM fait avec la perpendiculaire OF est égal à l'angle OEM, que le rayon réfléchi ME fait aussi avec la perpendiculaire EO. Car les deux cordes FM ME sont égales, parce que les angles d'inclinaison OMF OME sont égaux par la propriété de la réflexion; d'où il suit que les triangles FOM EOM sont égaux en tout: or si le rayon rompu FM revenoit sur lui-même faisant l'angle d'inclinaison OFM, il se redresseroit, & en entrant dans l'air, il reprendroit sa première situation FG, en sorte que l'angle d'inclinaison OFM seroit augmenté de l'angle NFM: donc le rayon incident ME faisant avec la perpendiculaire EO l'angle OEM de la même grandeur s'en éloignera d'autant en rentrant dans l'air, & fera l'angle OEN égal à l'angle OFN, c'est-à-dire que l'angle de refraction à la sortie de la goutte sera égal au premier angle d'inclinaison OFN. Cela posé, il est évident que les deux triangles isoscèles FME FNE qui ont une même base FE sont divisés en deux parties égales par la ligne OMN, tirée du centre à l'un des angles M ou N, par conséquent les angles M & N sont divisés en deux parties égales; or le rayon incident GF prolongé en N étant parallèle à l'axe AOC, l'angle COM est égal à son alterne ONF; donc on aura la moitié de l'angle FNE en connoissant l'arc CM qui mesure l'angle COM: mais la distance AF du rayon incident GF étant donnée, l'arc FC qui est son supplément est aussi donné; de plus l'angle OFN, qui à cause des parallèles AC GN est mesuré par l'arc AF est aussi donné, de même que le rapport de la refraction



qu'on suppose égal à celui de 4 à 3, lorsque la lumière passe de l'air dans l'eau; donc on connoîtra l'angle de refraction OFM par cette proportion  $4.3 :: \sinus\ OFN$ . sinus OFM, donc l'angle OMF auquel ce dernier angle est égal sera connu, comme aussi l'angle FOM qui est le supplément de leur somme. Or cet angle est mesuré par l'arc FM, donc l'arc AFM sera connu, & étant retranchée de 180 d., l'arc CM sera aussi connu, & étant doublé on aura l'angle entier FNE. Cela posé, si on veut trouver les différens angles N ou FNE que le rayon émergent ER fait avec l'incident FG ou avec tout autre parallèle à l'axe SAO, on supposera que le rayon GF tombe sur la goutte à un degré à 2 à 3 à 4 à 5 degrés, &c. du point B, l'arc AB étant de 90 degrés; & approchant ainsi le rayon incident GF de l'axe de degré en degré, on verra que l'angle FNE augmentera d'abord, jusqu'à ce que l'incident GF ne soit plus éloigné de l'axe que de 59 d. 24'; & que s'il s'en approche d'avantage l'angle N ira en diminuant. On sçaura donc par ce calcul semblable à celui par lequel M. Mariotte a dressé sa table pour l'arc interieur, que le plus grand angle N a lieu lorsque l'incidence se fait à la distance de 59 degrés 24' de l'axe.

47. Si on veut aussi trouver les différens angles que le rayon émergent DR fait avec l'incident GF, après s'être réfléchi deux fois en dedans de la goutte, on observera que l'angle de refraction OFI est égal à l'angle d'inclinaison ODE que le rayon réfléchi ED fait avec la perpendiculaire DO, & que l'angle de refraction ODb est égal à l'angle d'inclinaison OFK par des raisons semblables à ce qui a été dit au sujet de l'autre figure. Cela posé, si on suppose que le rayon incident GF rencontre d'abord la goutte à la distance d'un, de 2, de 3, de 4, de 5, de 6 degrés &c. du point B éloigné du point A de 90 degrés, on verra que l'angle FND ou son égal VDN diminue à mesure que l'incidence se fait plus près de A en s'éloignant de B, & qu'il est le moindre lors-

que le point d'incidence F est à 71 d. 54' du point A ; & que si le point F s'approche d'avantage, l'angle DNF ou DRT va ensuite en augmentant. On trouvera cet angle ou son égal VDN pour toutes ces différentes incidences l'arc AF étant donné. Car cet arc mesure l'angle d'inclinaison OFK, qui à cause des paralleles AC GK est égal à son alterne AOF qui ayant son sommet au centre est mesuré par l'arc AF ; de plus le rapport de la refraction est égal à celui de 4 à 3 ; donc une proportion semblable à celle du nombre précédent fera connoître l'angle OFI & son complement FOI, dont le double est mesuré par l'arc FM : or l'arc ME & l'arc ED sont égaux à l'arc FM, parce qu'un rayon de lumiere tombant sur une surface polie est réfléchi de maniere que l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence ; d'où il suit que les angles d'inclinaison formés par les mêmes rayons & la perpendiculaire d'incidence sont aussi égaux, & que les cordes FM EM ED sont égales, de même que les arcs qu'elles soutiennent ; donc si de 360 degrés on retranche l'arc AFMED, l'arc AD sera connu ; cet arc est la mesure de l'angle AOD ou de son égal VDG, lequel étant retranché de l'angle gDN ou de son opposé ODb, ou encore de l'angle OFK leur égal, le reste VDN ou son égal DNF, ou encore DRT sera l'angle cherché que le rayon émergent DN ou DR fait avec les rayons SA GF RT qui viennent du centre du Soleil. Cette méthode est longue, car autant qu'il y a de degrés dans l'arc BF, autant faut-il d'opérations particulieres, & même à mesure qu'on approche du terme, il est nécessaire de calculer sur les minutes afin de frapper au but.

48. La regle de M. Newton fait trouver aussitôt le point d'incidence F qui répond au plus grand angle FNE ( Fig. 106. ) ou au moindre DNF. ( Fig. 107. ) Supposant que le rapport de la refraction est égal à celui de 4 à 3, lorsque la lumiere passe de l'air dans l'eau, que 4 est représenté par  $i$ , & 3 par  $r$ , les quarrés seront  $ii = 16$ , &  $rr = 9$ , & leur différence sera  $ii - rr = 16 - 9 = 7$ ,  
&

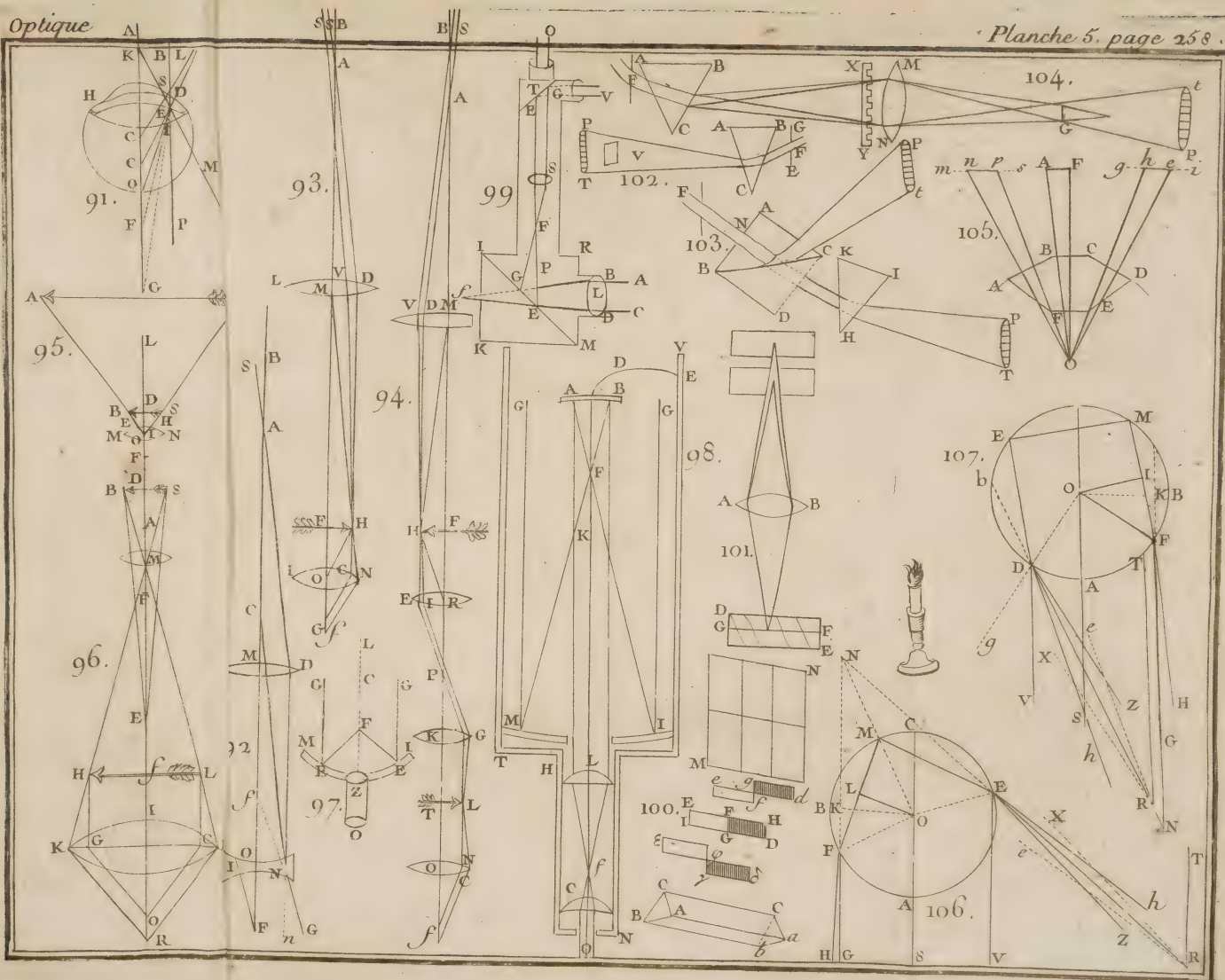
& le triple carré de  $r$  sera  $3rr = 27$ , & leurs racines carrées seront  $\sqrt{ii - rr} = \sqrt{7}$  &  $\sqrt{3rr} = \sqrt{27}$ . Les racines approchées de 7 & de 27 sont 2645 & 5196, donc  $\sqrt{ii - rr} = 2645$  &  $\sqrt{3rr} = 5196$ : or suivant M. Newton, lorsque le rayon FG tombe au point F, qui répond au plus grand angle N, (Fig. 106.) on a cette proportion  $\sqrt{3rr} = 5196$  est à  $\sqrt{ii - rr} = 2645$ , comme le sinus total FO = 100000 est au sinus FK de l'angle FOK ou de l'arc FB; par conséquent on aura le point d'incidence F où le rayon GF doit rencontrer la goutte d'eau pour que s'étant rompu suivant FM, & réfléchi suivant ME, il sorte faisant avec son incidence le plus grand angle GNR ou FNE. L'arc AF étant connu, on trouvera ensuite quel est ce plus grand angle N comme il a été dit.

49. S'il s'agit de trouver le moindre angle N que fait le rayon émergent DR avec sa première incidence GF, après s'être réfléchi deux fois en dedans de la goutte, on déterminera le point F ou l'arc FB par cette autre proportion  $\sqrt{8rr} = \sqrt{72}$  est à  $\sqrt{ii - rr} = 2645$ . Comme le sinus total FO = 100000 est à FK sinus de l'arc FB. La racine approchée de  $8rr$  ou de 72 est 8485. Les trois premiers termes connus de cette proportion seront trouver le quatrième ou le sinus de l'arc FB: on cherchera ensuite quel est l'angle N qui répond à l'incidence au point F déterminé par la proportion. Si après avoir trouvé le point F qui répond au plus grand ou au moindre angle N, en supposant que le rapport de la réfraction est égal à celui de 4 à 3 qui est propre aux rayons les moins réfrangibles, on veut avoir le plus grand ou le moindre angle N pour les rayons les plus réfrangibles comme les violets, on supposera pour l'un & pour l'autre cas que le rayon incident GF est un rayon violet; pour lors le rapport de la réfraction sera égal à celui de 109 à 81, le passage devant se faire de l'air dans l'eau, & l'on opérera pour ce rayon comme on a fait pour les rayons les moins réfrangibles.

*Les Couronnes , les Parélies & les Paraselenes.*

50. Les sentimens ne sont point partagés sur la matiere de l'Arc-en-Ciel , on sçait que ce phénomène ne paroît que lorsqu'il pleut, & que ce sont les gouttes de pluie éclairées de la lumière directe du Soleil qui en produisent l'apparence ; leur figure est connue, & l'on sçait de qu'elle façon la lumière s'y refracte & s'y réfléchit. Si l'on connoissoit avec autant de certitude la figure des vapeurs ou des autres matieres transparentes qui se soutiennent dans l'air & qui sont voir de tems en tems des couleurs d'une regularité approchante de celles de l'Arc-en-Ciel , comme les couronnes que l'on voit quelque fois autour des astres, les parélies ou faux Soleils, les paraselenes &c , on en pourroit donner des explications qui seroient aussi bien fondées & aussi certaines ; mais lorsque ces phénomènes se manifestent rien ne tombe du Ciel, & on ne peut s'assurer de rien ; ainsi ceux qui entreprennent d'en rendre raison sont obligés de supposer des figures & un arrangement de parties dans la matiere qui est le sujet de ces phénomènes, & de les faire quadrer quoiqu'arbitrairement supposés aux principales circonstances. Il est vrai qu'un même effet peut procéder de différentes causes différemment combinées , mais cette généralité là même est une raison de douter si on a découvert les véritables, ou du moins si on en a rencontré d'équivalentes : or la diversité d'opinions qui regne à cet égard, grande comme elle est laisse l'esprit dans la défiance & dans une sorte d'incertitude ; c'est pourquoi on se seroit volontiers abstenu d'entrer dans aucune explication de ces phénomènes. Mais faisant réflexion qu'il est quelque fois utile dans des matieres semblables de rapprocher ce qui est seulement probable de ce qui est indubitablement certain , parce qu'en les mettant en parallele l'esprit s'accoutume à discerner le vrai d'une maniere plus sûre , & à distinguer les divers degrés de certitude ; on s'est enfin déter-







miné à dire quelque chose des Couronnes & des Parélies qui se forment autour des astres,

§ 1. Les Couronnes sont des cercles lumineux & pour l'ordinaire colorés qui paroissent dans certains tems autour des astres, mais particulièrement autour du Soleil & de la Lune; elles diffèrent de l'Arc-en-Ciel en ce qu'elles sont horizontales & fermées de tous côtés: mais l'Arc-en-Ciel est vertical & ne contient qu'une portion de cercle, dont la corde est sur l'horison; les couleurs des couronnes sont aussi moins vives.

Les Parélies sont des faux Soleils qui paroissent quelque fois dans les nuages en la présence du vrai Soleil; & les paraselenes des fausses Lunes qui se forment de même. M. Decartes donne dans sa Dioptrique la description d'un Parélie qui parut à Rome en l'année 1629 le 20 Mars sur les deux ou trois heures après midi. CLMN (*Fig. 108.*) étoit un cercle blanc dans lequel se voyoient cinq Soleils, & il faut imaginer que le spectateur étant vers A ce cercle étoit pendant en l'air au-dessus de lui, en sorte que le point B répondoit au sommet de sa tête, & que les deux Soleils L & M étoient derrière ses épaules, lorsqu'il étoit tourné vers les trois KCN, dont les deux K & N étoient colorés en leurs bords & n'étoient ni si ronds ni si brillans que celui qui étoit vers C, ce qui montre qu'ils étoient causés par refraction; au lieu que les deux L & M étoient assez ronds, mais moins brillans & tous blancs, sans mélange d'aucune autre couleur en leurs bords; ce qui montre qu'ils étoient causés par réflexion.

Mais il y a encore ici deux choses assez remarquables. La première est, que le Soleil N qui étoit vers le couchant ayant une figure changeante & incertaine jettoit hors de soi comme une grosse queue de feu NOP qui paroissoit tantôt plus longue tantôt plus courte. La seconde chose qui reste ici à remarquer est qu'il y avoit deux couronnes autour du Soleil C peintes des mêmes couleurs que l'Arc-en-Ciel, & dont l'intérieure DEF étoit beaucoup

plus vive & plus apparente que l'exterieure GHI.

52. Entre les différentes hypothèses qui ont paru pour rendre raison de ces phénomènes, celle de M. Huygens est très-ingénieuse & elle a été regardée comme la plus satisfaisante. Il suppose que des molécules de neige assez petites pour se soutenir dans l'air & ne pas tomber par leur propre poids, sont la matière des Couronnes & des Parélies; il leur attribue deux figures, la sphérique & la cylindrique; la sphérique sert pour expliquer les Couronnes, & la cylindrique les Parélies. Lorsque ces phénomènes paroissent, il arrive aux deux sortes de corpuscules un changement que la chaleur y produit; ils se fondent en partie depuis la superficie jusqu'à une certaine profondeur, & deviennent par là transparens dans la partie qui a été fondue, & restent opaques dans celle qui ne l'a point été; la partie fondue & transparente sert d'enveloppe à la partie qui est demeurée opaque, & elle l'environne comme une pêche son noyau, ou comme un concombre entoure la moëlle & la graine qui sont dedans. La partie fluide & transparente réfracte la lumière, & la partie qui est restée opaque modifie cette réfraction, c'est-à-dire qu'elle détermine la lumière à se réfracter sous certains angles. Un corps sphérique ayant une figure parfaitement uniforme n'affecte aucune situation particulière; ainsi il n'est point nécessaire d'en imaginer une dans les globules qui produisent les Couronnes, laquelle leur convienne mieux que toute autre: mais les cylindres qui donnent lieu aux Parélies ont une position déterminée, il faut les concevoir droits ou leur longueur verticale & perpendiculaire à l'horison; ainsi situés ils réfléchiront & réfracteront une lumière beaucoup plus abondante telle qu'il la faut pour la production des Parélies. Si les globules dont on vient de parler pouvoient en donner une quantité suffisante, ils pourroient aussi servir de matière aux parélies, mais étant d'un diamètre plusieurs fois moindre que n'est la hauteur ou la longueur des cylindres supposés, ils ne peuvent fournir qu'une lumière foible & semblable à celle des Couronnes: c'est



donc pour satisfaire pleinement au phénomène que M. Huygens a recours à la figure cylindrique.

*Les Couronnes.*

53. Ces choses supposées, voici comme la lumière se refracte dans les petites boules qui se sont fondues en partie & qui sont restées opaques dans la partie intérieure. ADBS (Fig. 110.) est une de ces petites boules, EF le noyau ou le petit globule de neige qui n'ayant point été fondu est demeuré opaque, le reste de la petite boule c'est la partie qui a été fondue & qui est devenue transparente soit qu'elle conserve sa fluidité, soit qu'elle la perde en se gélant. Supposons que deux rayons de lumière GA HD qui viennent d'un point du Soleil, & qui sont par conséquent parallèles entr'eux rencontrent la boule supposée aux points AD, ils se refracteront de telle sorte à l'entrée & à la sortie qu'ils iront rencontrer l'axe qui passe par le centre Z au point K distant de la petite boule d'un demi diamètre de la surface spherique: ce qui se prouve de la même manière que l'on a démontré qu'ils l'iroient rencontrer à la distance d'un quart du diamètre de la même surface, si la boule étoit de verre (on suppose que la lumière passant de l'air dans l'eau, le rapport de la refraction est égal à celui de 4 à 3.) Si on imagine que les rayons rompus BK CK sont prolongés vers ML, ils formeront l'angle LKM; & si l'on suppose de plus que les rayons incidens GA HD entrant dans la petite boule se refractent de manière que les rayons rompus AB DC rasent ou touchent aux points EF la partie intérieure & opaque, l'angle LKM sera privé de toute lumière. Car les autres rayons tels que OS venant à tomber sur la petite boule en des points S plus distans de l'axe que ne le sont les rayons GA HD, seront refractés de manière que les rayons rompus tels que TR rencontreront le même axe en des points V qui seront plus proches que n'est le point K; par conséquent ils seront hors de l'angle LKM; d'ailleurs l'espace compris dans cet angle ne peut recevoir aucune lumière

des rayons qui tombent sur la petite boule entre  $GA$   $HD$  ; parce que le noyau  $EF$  s'oppose à leur passage ; donc l'espace compris entre les côtés  $KL$   $KM$  ne reçoit aucune lumière de la petite boule  $ADBS$ . Donc si l'œil se trouve entre les mêmes côtés toute la boule paroîtra opaque ; mais s'il est hors de l'angle  $LKM$  elle lui paroîtra transparente au moyen de la lumière réfractée qui coule à droite & à gauche des côtés du même angle.

54. Si on tire les lignes  $IN$   $PN$  parallèles aux côtés  $KL$   $KM$ , elles formeront au point de concours  $N$  l'angle  $INP$  égal à l'angle  $LKM$  : or dis-je que toutes les petites boules comprises dans l'angle  $INP$  ne fourniront par la réfraction aucune lumière à l'œil situé au sommet  $N$  de cet angle. Considérons cet angle dans la figure III Je dis que les globules qui sont dans l'angle  $INP$ , par exemple, les petites boules  $R$   $K$   $S$  qui sont entre les côtés de cet angle ne donneront par la réfraction aucune lumière à l'œil en  $N$  ; mais il en recevra de la boule  $X$  qui est hors de cet angle. Car on vient de prouver que les angles  $LSM$ ,  $OKM$ ,  $ERG$  sont privés de toute lumière, donc elle ne peut point couler des espaces compris entre leurs côtés vers l'œil  $N$  ; les rayons rompus  $SL$ ,  $SM$ ,  $KM$ ,  $KO$ ,  $RE$ ,  $RG$  qui forment ces angles étant parallèles aux côtés  $IN$   $PN$  de l'angle  $INP$  ne peuvent point rencontrer l'œil parce qu'ils passent tous au-dessus du point  $N$  : les rayons rompus qui sont hors des angles  $LSM$ ,  $OKM$ ,  $ERG$  faisant entr'eux des plus grands angles que les mêmes  $LSM$ ,  $OKM$ ,  $ERG$  passent aussi au-dessus du point  $N$  à une distance encore plus grande que les rayons  $SL$ ,  $SM$ ,  $KM$ ,  $KO$  &c. Par conséquent l'œil en  $N$  ne reçoit par la réfraction aucune lumière des petites boules comprises dans l'angle  $INP$ . Mais il en recevra des boules qui sont hors de cet angle ; par exemple, il lui en viendra de la boule  $X$ . Car la lumière réfractée qui se trouve toute hors de l'angle  $DXZ$  est déterminée quoique divergente à couler vers  $N$  par conséquent elle éclaire l'œil supposé en  $N$ .

55. Présentement il est aisé de concevoir comment les Couronnes lumineuses se forment autour du Soleil & de la Lune. Supposons qu'autour de ces astres il y a une quantité suffisante de globules en partie transparents & en partie opaques, tels qu'on les a décrits; tous ceux qui seront compris dans l'angle INP (*Fig. 111.*) n'éclaireront l'œil que par une lumière réfléchie, qui étant très-foible formera un cercle assez sombre & presque privé de toute clarté: mais les globules qui seront hors de l'angle INP jusqu'à une certaine distance des côtés IN PN fourniront par la refraction à l'œil en N une lumière plus abondante que par tout ailleurs; par conséquent il y aura autour de l'astre une couronne de lumière plus vive & plus brillante qu'en tout autre endroit; & parce que les gouttes d'eau démêlent les couleurs ou les séparent lorsque la lumière s'y refracte, il s'ensuit que les couronnes qui se forment autour du Soleil & de la Lune seront aussi colorées & qu'elles manifesteront les mêmes couleurs que l'Arc-en-Ciel, supposé que les globules dont il s'agit soient assez gros & en quantité suffisante pour produire cet effet: le rouge comme étant le moins refrangible occupera l'intérieur de la couronne, & le violet comme l'étant le plus sera extérieur & terminera la couronne en dehors: ainsi les couleurs se rangeront entr'elles de même que dans l'Arc-en-Ciel extérieur dans lequel le rouge occupe le dedans de l'arc & le violet le dehors. Si on veut appuyer cette explication de l'expérience on le peut en cette sorte. On remplit d'eau un ballon de verre mince & délié, on place en dedans & au centre un corps sphérique opaque le tenant suspendu avec un fil; on expose le tout à la lumière du Soleil. Tant que l'œil est dans l'angle LKM (*Fig. 110.*) aucun des rayons rompus à la rencontre du ballon n'y parvient, mais aussitôt qu'il est hors de cet angle il apperçoit vers les bords une lumière éclatante colorée de rouge; ce qui prouve en même tems que dans les couronnes cette couleur est la plus intérieure; le diamètre des grandes couronnes est ordinairement de 45 degrés; il est évident que la grandeur

de ce diamètre dépend de l'ouverture de l'angle LKM ; ou de son égal INP , & que cet angle est plus ou moins grand selon que le diamètre du noyau opaque EF a un rapport plus ou moins grand au diamètre des petites boules qui refractent la lumiere. Les couronnes qui se forment autour de la Lune sont ordinairement blanches ou peu colorées , parce que cette lumiere étant de beaucoup plus foible que celle du Soleil , chaque couleur particuliere n'a point assez de force pour se faire sentir : ainsi il ne résulte de toutes ensemble qu'une sensation de blancheur. Ce défaut de couleurs peut encore venir de ce que la matiere qui produit les couronnes n'est point assez abondante , ce qui se rencontre aussi quelque fois dans les couronnes qui paroissent autour du Soleil,

*Les Parélies ; & les Paraselenes.*

56. Ce qu'on va dire des Parélies il faut l'entendre aussi des Paraselenes. La seule refraction produit les couronnes , mais les Parélies naissent de la réflexion & de la refraction : il faut donc examiner comment la lumiere tombant sur des cylindres droits ou verticaux , tels qu'on les a supposés se réfléchit & se refracte à leur rencontre. Voici la proposition générale qui sert de fondement à la théorie de M. Huygens sur cette matiere. Si la lumiere qui vient d'un point du Soleil , par exemple du centre , tombe sur les cylindres supposés , le rayon réfléchi ou rompu & le rayon incident , feront des angles égaux avec l'horison ; & parce que l'angle que le rayon incident fait avec l'horison mesure la hauteur du Soleil au-dessus du même horison ; on peut énoncer la proposition en cette sorte. L'angle que le rayon réfléchi ou rompu fait avec l'horison est égal à la hauteur du Soleil.

57. On supposera que la réflexion & la refraction se font sur un même plan qui passe par l'axe du cylindre. Ce cas qui est unique aidera à imaginer & à entendre les autres cas , sans qu'on s'arrête néanmoins à les prouver. Supposons en premier lieu que MN (Fig. 112.) est un plan qui



touche un cylindre dans la ligne HK parallèle à l'axe , que le plan EGF coupe le plan MN en HK & qu'il passe par l'axe du cylindre ; EF étant un rayon incident si on tire la ligne horizontale EO l'angle FEO sera celui que le rayon incident fait avec l'horison , puisque EFG est un plan vertical qui passe par l'axe : or les angles d'incidence FEH & de réflexion GEK étant égaux , il s'ensuit que leurs complemens FEO GEO sont aussi égaux ; donc le rayon réfléchi EG & le rayon incident EF font avec l'horison représenté par EO des angles égaux.

58. Supposons en second lieu que le rayon incident FE (*Fig. 113.*) pénètre dans le cylindre , il s'approchera de la perpendiculaire d'incidence OEC & deviendra le rayon rompu VED ; & parce que le plan FA BR sur lequel le rayon incident FE & le rayon rompu VED se trouvent passé par l'axe , suivant l'hypothèse , la seconde surface réfringente que ce plan rencontrera en AB sera parallèle à la première MN ; donc le rayon ED se rompant une seconde fois en D sortira suivant DG parallèlement à la première incidence FE ; (art. V. n. 9.) donc le rayon émergent DG & l'incident FE feront des angles égaux avec l'horison représenté par OEC ou PD.

59. Supposons en troisième lieu que le rayon rompu ED (*Fig. 113.*) rencontrant la seconde surface en AB est réfléchi , il le fera de manière que l'angle de réflexion IDB sera égal à l'angle d'incidence ADV , donc les complemens VDP IDP seront aussi égaux ; donc les lignes CEO BLS étant parallèles à DP , l'angle ILS sera égal à l'angle VEO ; donc le rayon réfléchi DL passant de l'eau dans l'air , lorsqu'il rencontre la surface MN en L , se rompra en s'éloignant de la perpendiculaire d'incidence BS de tout autant que le rayon FE s'est approché de CEO en pénétrant le cylindre , donc les angles RLS , FEO seront égaux ; donc le rayon émergent LR & l'incident FE font des angles égaux avec l'horison. Le cas que l'on vient d'exposer n'a point lieu dans l'hypothèse de M. Huygens , parce que le corps opaque qu'il sup-

posé dans chaque cylindre empêche que le rayon incident & le rayon rompu ne se trouvent sur un plan qui passe par l'axe ; cependant les cylindres étant supposés verticaux la proposition est également vraie dans les autres cas : ainsi dans l'explication du phénomène on supposera que les rayons de lumière qui arrivent à l'œil du spectateur après une réflexion ou après deux réfractions , ou enfin après deux réfractions & une réflexion entre deux font avec l'horison des angles égaux à ceux que font les rayons incidens avec le même horison , ou égaux à la hauteur du Soleil.

60. Ces choses supposées il reste à en déduire le phénomène décrit dans les météores de M Decartes. On observera d'abord que le cercle KLMC (*Fig. 109.*) est à peu près horizontal, de même que les deux couronnes DEF GHI qui sont autour du Soleil C. Cela étant les deux circonférences qui forment la grande couronne KLMC ne sont point concentriques ou ce qui revient au même elles sont sur des plans différens l'un étant au-dessus de l'autre , & étant distans entr'eux d'une longueur égale au diamètre du Soleil ; enforte que les deux circonférences sont parfaitement égales, quoiqu'il semble en regardant la figure que celle qui est intérieure soit moindre que l'extérieure. La figure 114 peut représenter leur véritable situation, tant par rapport à elles mêmes que par rapport à un spectateur situé au point A, le point B qui est à peu près au milieu de la couronne répondant directement au-dessus de sa tête ou à son zénit.

61. 1°. Si du point A (*Fig. 114.*) on mène des lignes telles que AP, AR, AK, AN, AL, AM, AV &c. qui fassent avec l'horison des angles RAH PAO &c. égaux à l'angle de la hauteur du centre du Soleil, il y aura un certain nombre de rayons qui venant de ce centre feront aussi avec l'horison des angles égaux aux angles RAH PAO &c. donc ces rayons incidens & les lignes tirées du point A rencontreront deux à deux en un même point les cylindres dont on vient de parler, comme cela

paroît par la figure 112. ; donc les rayons incidens seront réfléchis suivant les mêmes lignes tirées du point A, & arriveront à l'œil du spectateur ; & parce que par la construction il n'y a que les cylindres qui sont à la circonférence de la couronne qui puissent réfléchir la lumière qui vient du centre du Soleil dans la condition supposée, ou de manière que les rayons réfléchis fassent avec l'horison des angles égaux à l'angle de la hauteur du centre de cet astre, il s'ensuit qu'il n'y aura que ces cylindres qui puissent envoyer de la lumière à l'œil du spectateur en A ; donc tous ces cylindres semblables à des miroirs feront voir l'image du centre du Soleil & des autres points de cet astre qui sont à la même hauteur que le centre, & puisque tous ces cylindres sont contigus ou se touchent, il est nécessaire que la lumière réfléchie forme une circonférence, dont chaque point sera une image du centre du Soleil. De même que la lumière réfléchie dont les rayons sont avec l'horison un angle égal à la hauteur du centre du Soleil peignent une circonférence qui est l'image de ce centre & des autres points qui sont autant élevés, ainsi les rayons réfléchis qui sont avec l'horison des angles égaux à la hauteur des autres points qui sont au-dessus & au-dessous du centre peignent aussi des circonférences qui sont au-dessus & au-dessous de celle qui représente le centre, en sorte qu'il s'en peint tout autant qu'il y a des points dans le diamètre vertical du Soleil : or toutes ces circonférences lumineuses ainsi disposées les unes au-dessus des autres forment toutes ensemble la couronne blanche dont la largeur est par conséquent égale au diamètre du Soleil.

62. 2°. Les Soleils KCN (Fig. 109.) sont l'effet de la lumière réfractée. 1°. Le vrai Soleil C doit se voir à travers les petits cylindres en partie transparens & en partie opaques, comme on le voit à travers l'eau ou le verre. 2°. A l'égard des faux Soleils KN il y a deux choses à remarquer la distance où ils sont du vrai Soleil & les couleurs qui sont vers les bords. Pour ce qui est de la distance où ils sont du vrai Soleil, elle est l'effet du noyau opa-

que qui est dans chaque petit cylindre , car il détermine la lumière à se refracter sous certaines angles , ainsi qu'il a été dit des petites boules qui sont la matiere des couronnes ; de sorte que les rayons incidens qui viennent d'un même point du vrai Soleil après la refraction paroissent couler de divers points & forment plusieurs images , comme il arrive lorsque la lumière se refracte à travers les verres à facetes. Les cylindres qui sont près du vrai Soleil C donnent la lumière qui forme les images KN , & celle qui est refractée dans les cylindres qui en sont plus éloignés produit la queue P qui n'est autre chose que la même image couchée sur elle même & repetée plusieurs fois. Il est clair que les cylindres qui sont la matiere du cercle blanc servent aussi à produire les faux Soleils K N lesquels doivent paroître dans ce cercle de même que la queue P. Le faux Soleil K est représenté sans queue , il en avoit cependant une , mais comme la lumière en étoit blanche elle n'étoit point distinguée de celle du cercle blanc. Il est évident , suivant ce qui a été démontré , que la lumière refractée par les cylindres dont il s'agit , doit faire voir au spectateur en A le vrai Soleil C & les faux Soleils KN avec leurs queues , & que c'est dans le cercle blanc que le tout doit paroître comme il vient d'être dit , puisque les rayons rompus s'étendent suivant des lignes qui sont avec l'horison des angles égaux à la hauteur du Soleil , telles que sont les lignes RA PA &c. Quant aux couleurs qui étoient sur les bords des faux Soleils KN , il faut observer que les bases des petits cylindres ne sont point planes , mais arrondies de même que celles du noyau ou cylindre interieur ; c'est là un effet naturel que l'on remarque dans des morceaux de neige ou de glace qui s'arrondissent en se fondant. Les bases des petits cylindres étant donc supposées arrondies comme la figure 114. n. 2. les représente , elles feront la fonction des petites boules qui produisent les couronnes , & elles en produisent effectivement une autour du vrai Soleil C , sçavoir , la couronne GHI qui passera par les faux Soleils K N & les rendra colorés , car il est à re-



marquer que de toute la lumiere qui est refractée par les cylindres qui sont hors du cercle blanc , il n'y a que celle qui l'est par les bases arrondies qui parvienne à l'œil du spectateur en A ; car celle qui est refractée par les côtés étant dirigée suivant des lignes qui sont avec l'horison des angles égaux à la hauteur du Soleil ne scauroit tendre vers A , il faudroit pour cela que les cylindres refringens fussent dans le cercle blanc. Les bases arrondies des cylindres formeront donc autour du vrai Soleil C une couronne comme feroient les petites boules en parties fluides & transparentes & en parties opaques , laquelle passant par les faux Soleils K N les rendra colorés. Mais la couronne interieure DEF a une cause un peu différente. On a considéré jusqu'ici les cylindres qui réfléchissent ou refractent la lumiere comme étant verticaux ou perpendiculaires à l'horison suivant leur longueur : or rien n'empêche qu'il n'y en ait d'autres flottans dans l'air dans toutes sortes de situations. On peut même supposer que parmi ces cylindres il se trouve des petites boules à demi fondues semblables à celles qui sont la matiere des couronnes ordinaires : or ces cylindres ainsi disposés peuvent seuls ou ensemble avec les petites boules former une couronne colorée , au moyen des petits corps opaques qui sont en dedans en refractant la lumiere sous certains angles. Ce qui s'entend assez après ce qui a été dit des couronnes qui sont autour du Soleil ou de la Lune.

63. En troisieme lieu les Parélies L M (*Fig. 109.*) que le spectateur en A voit en tournant le dos au vrai Soleil sont l'effet de deux refractions & d'une réflexion entre deux. Car la lumiere qui sort des cylindres supposés après deux refractions & une réflexion entre deux fait avec l'horison des angles égaux à la hauteur du Soleil ; donc elle peut arriver à l'œil du spectateur supposé en A , puisque toutes les lignes tirées du point A au cercle de lumiere blanche font des angles égaux

à cette hauteur ; les deux Parélies doivent donc paroître dans ce même cercle , ils doivent être blancs , parce que la lumière colorée & refractée par les bafes arrondies des cylindres est dirigée autrement que celle qui vient des côtés des mêmes cylindres ainfi elle ne parvient point à l'œil en A. Les corps opaques qui font dans l'intérieur des cylindres refringens ne contribuent en rien à la production de cette partie du phénomène ; on peut même dire qu'ils y font quelque fois nuisibles : ainfi la raison pourquoi les Soleils L M paroiffent dans l'endroit où l'on les voit & non en d'autres lieux , est la même qui fait que l'œil doit être dans une certaine fîtuation pour voir les couleurs de l'Arc-en-Ciel , parce que la lumière fe refractant fous certains angles déterminés , l'œil ne fçauroit en recevoir l'impreffion s'il ne fe trouve dans le chemin qu'elle fuit.





## LA PHYSIQUE DE LA LUMIERE.

VII. 1. **A**Près avoir considéré les dehors de la lumière, ses différentes inflexions à son passage dans l'œil & au travers des corps diaphanes, son incidence sur les surfaces polies & ses retours, les effets qu'elle produit dans ces divers mouvemens, & les avantages qui en reviennent; c'est un objet tout à fait digne de l'attention d'un Physicien d'approfondir les voyes mêmes de la nature, & de découvrir, s'il est possible, la source de tant de variétés qui font la richesse de la vûe, le plus nécessaire de tous les sens. C'est déjà beaucoup de connoître les effets de la lumière, les combinaisons qu'il s'en fait, les rapports de grandeur, d'ordre, de distance qui y reçoivent: mais les connoître par les vraies causes, & pénétrer dans les principes les plus intimes qui concourent à leur production, c'est le plus haut degré de science à quoi l'esprit humain puisse s'élever. Tous cherchent la vérité, il seroit à souhaiter que tous la trouvassent, que tous la reconnussent à la même marque qui en fût le caractère distinctif, en un mot que tous la vissent avec les mêmes yeux: ce seroit une preuve non équivoque qu'elle lueroit à tous, qu'elle les éclaireroit de la même manière, & qu'elle leur imprimeroit le même sentiment de certitude & d'évidence; mais les choses n'ont point encore été amenées au point de l'unanimité: ainsi ce n'est pas trop dire, d'avancer que tout n'est point suffisamment éclairci à cet égard.

2. Au milieu des opinions qui divisent les Physiciens sur ce sujet, le dessein de les discuter toutes seroit d'une longue haleine, & l'entreprise de balancer les divers degrés de certitude & de préférence que chacune peut avoir à certains égards excéderoit les bornes de cet écrit; d'un autre côté il y auroit de la témérité de penser à suggérer

des nouvelles vûes , après que les plus grands genies ont épuisé toute leur pénétration & la sagacité qu'ils se sentoient pour percer le nuage & nous dévoiler la verité dans ce qu'ils ont imaginé. Laisant là l'un & l'autre de ces partis , on se bornera à rapporter historiquement les sentimens des Auteurs les plus célèbres , & les raisons dont ils les ont appuyés ; de peur de les tronquer ou de les affoiblir , ce fera l'Auteur même qui les exposera autant que la briéveté pourra le permettre. Quelques unes des choses qui ont déjà été traitées reviendront , mais ce sera sans redites parce qu'elles reparoîtront sous une autre forme.

3. Je ne sçaurois commencer ce discours plus à propos qu'en me servant des paroles d'un illustre Membre de l'Academie Royale des Sciences & un des Quarante , M. de Mairan , qui ayant examiné à fond , après des grands Physiciens le sujet qu'on va traiter , très-grand Physicien lui-même doit avoir beaucoup éclairci les matieres , & les avoir approchées de l'évidence. Je les prends au commencement de sa dissertation sur la cause de la lumiere des phosphores & des noctiluques. C'est une des trois du même Auteur qui ont remporté tour à tour le prix à l'Academie Royale des Belles-Lettres , Sciences & Arts de Bordeaux. Les voici.

4. La lumiere de la part du corps lumineux est une agitation ou un mouvement très-rapide des parties insensibles qui la composent ; de la part de l'œil c'est l'ébranlement des fibres d'une des tuniques qui en tapissent le fond , & qui tirent leur origine du nerf optique & du cerveau ; de la part de l'ame c'est une sensation qui n'a d'autre rapport avec le mouvement des parties du corps lumineux , & avec l'ébranlement de l'organe de la vûe que d'être excitée à leur occasion. Jusques là tous les systêmes s'accordent , voici le point où ils se divisent.

5. Le corps lumineux pour ébranler l'organe n'a pas besoin de s'y appliquer immédiatement , il agit sur lui quoique placé à une très-grande distance , il faut donc  
que



que ce soit par le moyen de quelque matiere répandue entre deux que le corps lumineux transmette son action jusqu'à l'œil ; c'est la différente maniere de concevoir ce milieu & cette transmission qui fait principalement aujourd'hui toute la diversité des systêmes de la lumiere.

Tous les systêmes modernes sur la lumiere peuvent être reduits à deux , car ou les mouvemens du corps lumineux sont transmis jusqu'à l'œil , seulement parce qu'ils se communiquent à la matiere qui est entre le corps lumineux & nous , de même que les fremissemens d'un corps sonore ne parviennent jusqu'au tympan de l'oreille , que parce qu'ils ont excité dans l'air un semblable mouvement ; ou l'agitation du corps lumineux produit en lui une émission & un écoulement de corpuscules qui viennent frapper l'organe de la vûe de la même maniere à peu près que les parties invisibles qui se détachent d'une fleur. Il n'y a pas de milieu dans cette alternative , ou le corps lumineux renvoye vers nous les parties de sa substance , ou il n'en renvoye pas ; il faut nécessairement que la lumiere se repande de l'une de ces deux manieres , ou avoir recours aux qualités occultes.

6. Pour achever de tracer le plan de ce discours , à l'idée que M. de Mairan donne de la propagation de la lumiere ; on ajoutera la figure des parties qui la composent , la réflexion & la refraction , les couleurs , la transparence des corps & quelque chose des phosphores.

*La propagation de la lumiere par voye de pressions  
& de vibrations.*

7. L'hypothése qui fait consister la propagation de la lumiere dans les pressions comprend deux sentimens qui ont des différences considérables ; le premier est de M. Decartes ; le second du P. Malebranche. M. Decartes place le Soleil au centre d'un tourbillon composé de globules durs auxquels il attribue deux mouvemens de rotation , l'un autour du centre commun où est le Soleil , l'autre autour de leurs propres centres ; un corps peut remplir en

même tems ces deux mouvemens, une toupie décrit des grands cercles sur un plancher, tandis que les points de sa surface en décrivent de plus petits autour de son axe : on observe encore ce double mouvement dans les roues d'un carosse, car elles ne font de chemin qu'autant qu'elles tournent autour de l'essieu. Quoique ces deux mouvemens se rencontrent dans chaque globule, cependant ils ne constituent point la lumière puisqu'ils subsistent durant la nuit ; voici en quoi elle consiste suivant M. Decartes. Les petits jours ou espaces vuides que les globules du tourbillon laissent nécessairement entr'eux sont remplis d'une matiere subtile, prompte à glisser & à s'insinuer par tout où il pourroit y avoir quelque vuide, de sorte que tout est exactement plein. A l'égard de la matiere qui compose le Soleil, elle n'est pas moins subtile, car elle est de la même espece & de la même nature ; ce qu'elle a de plus, c'est que formant un grand amas, elle est extrêmement agitée & dans un bouillonnement continuel, par quoi elle tend à s'échapper du centre où elle est retenue ; le mouvement circulaire qu'elle a autour du même centre aide encore cette tendance ; mais la matiere du tourbillon qui l'environne lui oppose une barriere invincible & reprime ses efforts ; ainsi elle épuise sa force à presser par des violentes secousses la matiere globuleuse ou du second élément ; & parce que tout est plein & que les globules sont durs, cette pression s'exerce sans produire du mouvement, c'est une simple tendance du centre vers la circonférence, qui se transmet dans un instant jusqu'aux plus grandes distances, & qui s'exerçant sur l'œil l'avertit de la présence du corps lumineux ; elle est comparable en cela, suivant M. Decartes à l'impulsion d'un bâton qu'un aveugle met devant soi & en avant ; tant qu'il ne rencontre que de l'air, la main ne sent rien ; mais aussitôt qu'il porte sur un appui qui résiste, le mouvement se change en une simple pression qui se transmet dans l'instant d'un bout à l'autre, & l'aveugle connoît par là que sur son chemin il y a quelque obstacle qui s'oppose à son passage : or les files des

globules dans le plein sont inflexibles & ne sont point rompues par les secouffes du corps lumineux ; de sorte que l'impression qu'elles en reçoivent se communique sans delay jusqu'à l'œil sur lequel elles, s'appuyent & qu'elles ébranlent. Cette hypothèse est sujette à deux grandes difficultés, la première consiste en ce qu'on ne peut point expliquer le mouvement successif de la lumière, car depuis M. Descartes on s'est assuré par le moyen des éclipses des satellites de Jupiter qu'elle employe 7 ou 8 minutes de tems à venir du Soleil à la Terre : or si suivant M. Descartes la lumière considérée dans son action ou dans son exercice actuel n'est qu'une pression qui se transmette dans un instant indivisible, il ne peut y avoir ni succession ni progrès, dans la manière dont elle s'étend tout autour du corps lumineux, & il ne lui faut pas plus de tems pour parvenir aux plus grandes distances qu'aux moindres.

8. La seconde difficulté c'est le P. Malebranche même qui la forme. On sçait par expérience qu'une infinité de couleurs peuvent être aperçues par un petit trou tel qu'on en peut percer un sur du papier avec la pointe d'une aiguille très-fine, il est donc nécessaire qu'une infinité de rayons se croisent dans ce point physique ou sensible, sans se confondre ; il pourra même arriver, selon que les couleurs seront disposées, que pour en voir plusieurs à la fois il faille qu'un même globule transmette en même tems jusqu'à l'œil diverses impressions : or si les globules de la matière étherée sont durs, comme M. Descartes le prétend, il est impossible qu'un seul remplisse tout à la fois dans le sens direct ou dans le sens que la lumière s'étend une multitude de fonctions ; car lorsqu'un corps est parfaitement dur, si quelque partie de ce corps avance quelque peu ou tend directement vers le nerf optique, il est nécessaire que toutes les autres parties y tendent aussi ; donc on ne pourra pas seulement voir deux couleurs du noir & du blanc dans le même tems par des rayons qui se croiseront sur un même globule.

9. Le P. Malebranche conservant le fond de l'hypo-

thèse de M. Decartes y change un seul point, afin de pouvoir expliquer la propagation de la lumière & les couleurs. Il suppose que les globules du second élément sont mous ou autant de petits tourbillons doués d'un ressort très-vif : les idées d'élasticité & de tourbillon sont si étroitement liées ensemble qu'elles sont inséparables. Car un tourbillon peut être comprimé en différens sens & changer diversément de figure : or puisqu'il cherche à s'étendre & à occuper plus d'espace, il s'ensuit que si la force comprimente diminue, il ne manquera pas de s'élargir du côté que la compression est devenue moindre, comme feroit un corps élastique ; ainsi supposer des tourbillons, c'est admettre des corps à ressort.

10. Voici comme l'Auteur s'explique dans un éclaircissement sur la lumière & les couleurs à la fin du troisieme tome de la recherche de la vérité. Concevons un grand ballon comprimé en dehors par une force comme infinie & rempli d'une matiere fluide, dont le mouvement soit si rapide que non-seulement elle tourne avec beaucoup de vitesse autour d'un centre commun, mais encore que chaque partie pour remplir tout son mouvement, c'est-à-dire pour se mouvoir autant qu'elle a de force soit encore obligée de tourner sur le centre d'une infinité de petits tourbillons ou bien de couler entr'eux, & tout cela avec une rapidité extraordinaire. Concevons en un mot la matiere contenue dans ce ballon telle à peu près que M. Decartes a décrit celle de notre tourbillon ; excepté que les petites boules de son élément qu'il suppose dures ne sont elles-mêmes que des petits tourbillons. Si l'on met un piston à l'ouverture du ballon & qu'on le pousse promptement en dedans, les parties du fluide tendront toutes à s'éloigner du trou par des lignes droites qui se termineront toutes au piston, parce que dans l'instant que le piston avance, elles sont plus pressées par le côté qui lui répond directement que par tout autre. Enfin si on suppose que le piston avance & recule fort promptement toutes les parties de la matiere fluide qui remplit exactement le bal-



lon, dont je suppose que le ressort soit fort grand, ou qu'il ne prête ou qu'il ne s'étende que très-difficilement, recevront une infinité de secouffes que j'appelle *vibrations de pression*.

11. Appliquons d'abord ceci à la lumière. Puisque tout est plein, nos yeux quoique fermés ou dans les ténèbres sont actuellement comprimés. Mais cette compression du nerf optique n'excite point de sensation de couleurs, parce que ce nerf est toujours également comprimé : par la même raison que nous ne sentons point le poids de l'air qui nous environne quoique autant pesant que 28 pouces de visif argent, mais si l'on conçoit un œil en dedans du ballon tourné vers un flambeau qui est à l'ouverture au lieu du piston, les parties de la flamme étant dans un mouvement continuel presseront sans cesse plus fortement que dans les ténèbres & par des secouffes ou vibrations très-promptes, la matière subtile de tous côtés, & par conséquent à cause du plein, jusqu'au fond de l'œil, & le nerf optique plus comprimé qu'à l'ordinaire & secoué par les vibrations excitera dans l'ame une sensation de lumière ou de blancheur vive & éclatante.

12. L'Auteur fait donc consister la lumière dans les vibrations de pression, & l'on verra dans la suite qu'il explique les couleurs par le plus ou le moins de promptitude des mêmes vibrations. Ce sentiment qui détruit la difficulté tirée de la dureté des globules du second élément de M. Decartes, & qui est parfaitement d'accord avec le mouvement successif de la lumière, n'est pas à couvert de toute critique. M. de Mairan l'attaque par un endroit qui doit le faire tomber si la difficulté qu'il propose demeure sans une réponse qui satisfasse, car elle se tire du fond même de l'hypothèse qu'elle combat, on va la proposer dans toute son étendue & comme elle est conçue dans la dissertation de la lumière.

13. Si la propagation de la lumière se fait par les pressions des corps lumineux sur la matière étherée, je dis qu'il est impossible qu'il y ait jamais de nuit ni d'ombres

dans l'Univers ; qu'en quelque endroit que l'on soit & de quelque côté qu'on regarde , on verra toujours le Soleil , par exemple , de la même manière que si l'on étoit directement tourné vers lui ; qu'il n'y aura plus de corps opaque , & que tout sera diaphane , & que par conséquent les yeux fermés , & dans un lieu où il n'y auroit aucune ouverture sensible , nous serions frappés de la lumière presque aussi vivement , qu'en rase campagne les yeux ouverts & en plein midi. Pour le prouver , il me suffira de rappeler dans l'esprit de mes Lecteurs une propriété des fluides dont l'expérience a pu les convaincre , indépendamment des démonstrations qu'on en trouve dans les livres d'Hydrostatique ; sçavoir , qu'en tout fluide renfermé dans un vaisseau dont il remplit exactement la capacité , la pression ou l'impulsion qui survient à quelques unes de ses parties par l'action de quelque force que ce soit , se communique à toutes les autres , & à toute la surface intérieure du vaisseau qui le contient , & cette communication se fait avec d'autant plus de promptitude que le fluide a plus de ressort ou qu'il est moins compressible.

14- Donc si l'on fait un petit trou à un vaisseau rempli de quelque liqueur , à un tonneau plein de vin , par exemple , qu'on y applique un piston & qu'on pousse ce piston par secousses vers le dedans du tonneau , il est clair que la liqueur fera effort pour s'échapper à la ronde , & qu'elle pressera par tout également la surface intérieure du vaisseau ; & s'il y a quelque fente à ce vaisseau ou seulement quelque endroit foible , elle rejaillira par cette fente , ou rompra l'endroit foible , dessus , dessous , à côté , en un mot où que ce soit qu'il se trouve ; & s'il y avoit encore dans le tonneau quelque corps solide qui fut convexe d'un côté & concave de l'autre. Le fluide qui seroit poussé par le piston contre les parois du vaisseau seroit par sa réaction des pressions semblables sur ce corps , tant sur la surface convexe que sur la surface concave. Enfin on peut démontrer que ces secousses ou pressions du piston sur ce fluide seront toujours transmises avec la même force jus-

qu'à la superficie de tous les corps qu'on pourroit imaginer dans le vaisseau , de quelque grandeur & de quelque figure qu'ils puissent être.

15. Cela posé, il est évident que la même chose doit arriver dans chaque tourbillon à la matiere subtile ou étherée qui le remplit. Car selon les plus modernes & les plus fameux partisans de l'hypothèse des pressions, un tourbillon celeste doit être regardé comme un vaisseau rempli d'un fluide très-comprimé dont le ressort est très-prompt. Et le corps lumineux qui par ses fremissemens & ses secousses met tout ce fluide en mouvement comme le piston que l'on y appliqueroit. Donc par les loix d'Hydrostatique tous les corps qui nagent dans un tourbillon ; la Terre, par exemple, & les autres planetes qui se meuvent autour du Soleil, ressentiront de tous côtés les tremoussemens & les vibrations de pression que le Soleil communique à l'éther; ou ce qui est la même chose, par l'hypothèse ces corps seront illuminés de toutes parts, & dans toutes les parties de leurs surfaces ; d'où il suit qu'il n'y aura point de nuit ni d'ombres dans l'Univers. Il suit encore de cette propriété des fluides & de l'hypothèse des pressions, qu'il ne sçauroit y avoir dans le monde que des corps diaphanes, puisque selon la doctrine des deffenseurs même de cette hypothèse tous les corps sont pénétrés par la matiere étherée, leurs pores les plus étroits en sont remplis : or les fluides n'agissant pas avec moins de force par des tuyaux recourbés que par des tuyaux droits, il est évident que la rectitude des pores d'un corps, en quoi on fait consister la transparence, ou la courbure de ces pores qu'on croit la cause de son opacité ne changeroient rien à la propagation de la lumiere, & que les vibrations de pression, ne se transmettroient pas moins exactement au travers des uns qu'au travers des autres. Ainsi on auroit beau abbaissier les paupieres sur les yeux pour se garantir des impressions de la lumiere, devenues aussi transparentes que du cristal, elles ne sçauroient plus leur être d'aucun secours, & en quelque lieu du monde qu'on pût se cacher, on y seroit

assailli de la vûe de tous les corps lumineux d'alentour ; avec autant & plus de violence qu'on pourroit l'être en rase campagne & en plein midi. M. de Mairan ajoute. Si l'on considère attentivement toutes les circonstances de l'objection précédente & le principe sur lequel elle est fondée , je suis persuadé qu'on la trouvera invincible. Elle pourra même devenir une preuve suffisante , quoiqu'indirecte de la vérité du système opposé qui est celui que j'embrasse.

16. Avant que de passer à la seconde hypothèse de la propagation de la lumière , j'hazarde la réponse suivante aux difficultés proposées ; comme elles tirent toute leur force de la structure des corps ou de la manière dont leurs pores sont percés , & de la loi d'Hydrostatique que l'Illustre Academicien met en œuvre , c'est à ces deux choses qu'il faut faire principalement attention pour mettre , s'il est possible , le sentiment des pressions à couvert des atteintes qu'il semble en recevoir.

17. 1°. Les corps transparens sont ceux qui donnent passage à la lumière , dont quelques uns laissent même voir les autres corps à travers comme le verre. Il y a deux sentimens touchant la transparence des corps diaphanes. Le sentiment le plus commun fait consister la transparence des corps en ce que leurs pores sont disposés en ligne droite , de façon que la lumière s'y peut mouvoir avec la même facilité qu'une liqueur coule dans des tuyaux droits où elle ne rencontre aucun obstacle qui l'arrête. L'opacité vient au contraire de la courbure des mêmes pores , & de ce que les rayons de la lumière tombant sur des parties solides perdent leur force & s'éteignent. L'autre sentiment est celui que M. Bouguer célèbre Academicien propose dans son essai d'optique sur la gradation de la lumière. L'Auteur pense que les files des rayons de lumière ne sont point continues , même dans les corps diaphanes , elles sont interrompues par les parties solides qui se trouvent d'intervalle en intervalle sur leur direction ; & ces mêmes parties bien loin de les amortir ou de les éteindre , servent



au contraire dans plusieurs rencontres à transmettre leur action , suppléant ainsi les fonctions de l'éther ou de la matiere étherée dans les petits espaces où les files sont interrompues. Quant à l'opacité , elle est l'effet de l'affoiblissement ou de l'extinction de la lumiere , en ce que venant à tomber obliquement sur les surfaces des parties solides , à chaque incidence ils perdent une partie de leur force actuelle , suivant ce qui se démontre de la décomposition du mouvement dans le choc oblique , en sorte que plus il y a de telles incidences plus l'affoiblissement est grand ; tellement qu'enfin la force restante n'est plus capable de faire une impression sensible sur nos yeux. On ne s'étend pas d'avantage sur ce sentiment parce qu'on l'a rapporté au long en parlant de la transparence & de l'opacité. On observera seulement par rapport aux difficultés proposées qu'elles ne combattent plus l'hypothèse des pressions touchant la propagation de la lumiere , dès-là qu'elle se transmet à travers les corps en se mouvant dans des pores ou tuyaux qui ne sont point continus , mais interrompus ; car si les conduits sont bouchés par des parties solides , la pression ne se fera plus suivant la loi alléguée de l'hydrostatique ; que si non-obstant cet obstacle la pression se communique d'un bout à l'autre , les corps dans lesquels elle sera ainsi transmise seront à la vérité diaphanes ; mais il y en aura beaucoup d'autres , dans lesquels la force de pression se décomposant comme il vient d'être dit , la lumiere s'affoiblira peu à peu jusqu'au point de devenir insensible : il y aura donc des corps opaques quoique la lumiere se transmette par voye de pression.

18. Il reste à examiner si les pores formant même des tuyaux continus ou sans interruption jusqu'aux extrémités les plus éloignées , tous les corps doivent être transparents , supposé que la lumiere soit produite par les vibrations de pression de la matiere étherée. La raison qu'il y a de le croire est qu'en tout fluide renfermé dans un vaisseau dont il remplit exactement la capacité , la pression ou l'impulsion qui survient à quelques unes de ses parties par

l'action de quelque force que ce soit, se communique à toutes les autres & à toute la surface intérieure du vaisseau qui le contient. Cela étant selon la doctrine des défenseurs de l'hypothèse des pressions, tous les corps sont pénétrés par la matière étherée, leurs pores les plus étroits en sont remplis : or les fluides n'agissant pas avec moins de force par des tuyaux recourbés, en quoi on fait consister l'opacité, que par des tuyaux droits, en quoi on fait consister la transparence, les vibrations de pression ne se transmettront pas moins exactement au travers des uns qu'au travers des autres. Donc puisqu'on convient que les corps qui ont leurs pores droits sont diaphanes, ceux qui les auront recourbés le seront de même.

19. On répond d'abord que la loi d'Hydrostatique qui donne lieu à l'objection n'a son effet plein & entier que dans le cas de l'équilibre, c'est-à-dire qu'il faut pour l'égalité des pressions en tous sens que les parties du fluide quoique pressées demeurent dans un repos parfait ; si la pression qui survient à quelques unes les met en mouvement, soit en les réduisant en un moindre volume, comme lorsqu'on comprime de l'air, soit en les faisant jaillir, comme lorsque de l'eau sort d'un vaisseau par une ou par plusieurs ouvertures, on ne peut pas dire que toutes les parties sont également pressées, parce que le mouvement est successif & ne se communique que de proche en proche. L'effet devient sensible lorsqu'on jette une pierre au milieu d'une eau dormante, elle produit d'abord une grande émotion dans les parties sur lesquelles elle tombe, & il se forme ensuite des ondes autour, dont la force va en s'affaiblissant à mesure qu'elles sont plus éloignées du centre. Pareillement un corps sonore qui ébranle l'air par le fremissement de ses parties insensibles produit auprès un son qui frappe fortement le tympan de l'oreille, mais sa force diminue à proportion que les distances augmentent. Ainsi la pression égale en tout sens ne s'exerce jamais sur un fluide dont les parties sont en mouvement. Or on ne disconvient point que dans les vibrations de pression il

n'y ait un vrai mouvement, car il se fait un déplacement réel du centre vers la circonférence, de même que dans les deux exemples qu'on vient d'apporter ; la lumière perd donc de sa force à mesure que la pression est transmise à des couches de la matière étherée qui sont plus éloignées du centre. Mais on objectera que le tourbillon solaire est comparable à un vaisseau plein d'une liqueur que l'on fouleroit avec un piston. On répond qu'on peut effectivement le comparer à un vaisseau, parce que comme un vaisseau contient la liqueur qui est dedans & l'empêche de se répandre, de même les tourbillons qui environnent le tourbillon solaire lui opposent une barrière qui est comme un vaisseau qui résiste aux efforts que la matière étherée fait pour s'étendre, mais c'est un vaisseau qui est percé en un infinité d'endroits par où les vibrations de pression peuvent se communiquer aux tourbillons voisins jusqu'aux plus grandes distances, de même que les vibrations dont le principe est dans les tourbillons environnans se transmettent dans le tourbillon solaire, puisque par leur moyen nous voyons les étoiles. Par conséquent la loi objectée tirée de l'Hydrostatique ne combat point les vibrations de pression, il faudroit pour qu'elle eut quelque force que les vibrations de la matière étherée se fissent sans mouvement, ce qui est inconcevable. Or puisque les vibrations de pression perdent de leur force à mesure qu'elles s'éloignent de leur origine, on ne pourra point dire qu'elles se transmettent aussi exactement au travers des corps dont les pores sont recourbés qu'au travers de ceux qui les ont droits ; il y aura donc des corps opaques ; car la matière étherée qui circule dans les pores qui forment divers détours est semblable à une eau courante qui va en serpentant, il est certain qu'elle perd beaucoup plus de sa vitesse par l'inégalité du terrain, que si en descendant de la même hauteur elle suivoit la ligne droite. Il arrivera aussi que les corps qui sont transparens s'obscurciront peu à peu si leur épaisseur augmente ; car quoique la matière étherée s'y meuve en ligne droite, néanmoins comme

elle subit plus de déplacemens dans une épaisseur plus grande que dans une moindre, sa force doit aussi s'affoiblir d'avantage en traversant la plus grande épaisseur, ce qui doit diminuer la transparence des corps diaphanes dont l'épaisseur augmente. Enfin dans le système des vibrations de pression le jour & la nuit se succéderont comme ils font. Car suivant l'objection proposée il doit faire jour lors même que le Soleil est couché, & qu'il devroit être nuit, parce que la matiere étherée étant toujours également pressée du centre vers la circonférence & de la circonférence vers le centre, nos yeux en doivent recevoir en tout tems la même impression & être toujours également éclairés, lors même que le Soleil est couché : or on vient de voir que les vibrations de pression se communiquant aux couches plus éloignées diminuent en force ; & dans la repercussion qui leur arrive de la circonférence vers le centre elles achevent de perdre ce qui leur restoit de force, ainsi elles ne sont plus capables d'émouvoir l'organe autant qu'il faut pour exciter la vision ; c'est pourquoi lorsque le Soleil se couche la nuit doit succéder au jour.

*La propagation de la lumiere par voye d'émission  
& de transport.*

20. Dans cette hypothèse il faut concevoir qu'une multitude innombrable de corpuscules se détachent à chaque instant du corps lumineux, comme le Soleil, & qui étant lancés se répandent à la ronde, & parviennent à des distances plus ou moins grandes selon leur quantité ou leur nombre & eu égard à la force qui les transporte. Cette émission, ce transport peut se faire dans le vuide ou dans un milieu non résistant, ou bien dans le plein. M. Newton qui penche pour le vuide ne s'explique sur ce sujet que par conjectures & en forme de questions. Il est porté à croire que le Soleil qui est plus grand que toutes les planetes ensemble, est d'une matiere dense ou compacte, dont les parties sont adhérentes les unes aux



autres comme peuvent être celles des corps durs ou fixes ; toute cette vaste masse est comme une terre violemment échauffée ; deux choses contribuent à entretenir cette chaleur ou même à l'augmenter , la fixité des parties & la grosseur du corps échauffé ; la fixité ou la forte liaison des parties empêche que la dissipation n'en soit ni grande ni prompte ; un morceau de fer qu'on a fait rougir à un feu ardent , conserve sa chaleur plus long-tems qu'un charbon ; la grosseur du corps échauffé fournit une plus grande quantité de parties ignées ; entre ces parties celles qui se détachent servent à augmenter la chaleur par les divers mouvemens de réflexion & de refraction qui leur surviennent & qui les font circuler en dedans , la réaction qu'elles exercent en s'élançant hors du corps lumineux est aussi un moyen d'augmenter la chaleur. Un corps peut s'échauffer de cette maniere à un tel degré qu'il darde hors de soi des rayons ou des particules enflammées avec autant d'abondance que le Soleil , & qu'il devienne par là aussi lumineux & aussi brillant que cet astre.

21. Il n'est pas à craindre que les pertes continuelles que le Soleil fait soient capables de l'épuiser , en sorte qu'après un certain tems il doive s'affoiblir , & enfin cesser d'être lumineux faute de pouvoir fournir à l'émission des rayons. Car les parties du corps du Soleil sont si étroitement & si fortement liées ensemble qu'elles ne se séparent les unes des autres que très-difficilement ; d'un autre côté l'atmosphère qui environne le Soleil comprime par son poids les exhalaisons qui en sortent & qui s'élèvent , les condense & les empêche de s'évaporer , en sorte que devenues plus pesantes elles retombent comme les vapeurs & les exhalaisons qui montent de la terre , après s'être amassées dans l'air & s'y être condensées jusqu'à un certain degré retombent par leur propre poids : ainsi le corps du Soleil ne peut diminuer que par l'émission des rayons de la lumière & par l'évaporation de quelques exhalaisons. Or depuis le tems que le Soleil éclaire , ces pertes sont si peu de chose qu'à peine elles sont sensibles ; pour s'en

convaincre il fuffit de faire attention à l'exceffive rareté de la lumière , elle eft fi grande qu'elle furpaffe toute imagination. On en verra la preuve dans l'exposé du fecond fentiment qui va fuivre. Enfin pour ôter tout fcrupule à cet égard M. Newton trouve dans la nature un moyen infailible de faire recouvrer au Soleil ce qu'il peut perdre de fa fubftance par la production de la lumière. Suivant fes principes, les Comètes tournent autour du Soleil d'un mouvement auffi regulier que les planetes même , fur des orbites extrêmement excentriques, enforte que dans leurs aphélies elles en font prodigieufement éloignées , & dans leurs perhielies, elles en font exceffivement proches , & quelque fois fi proches par la combinaifon de certaines circonftance, que leur pefanteur vers cet aftre les y fait tomber. Le Soleil recouvre par ce moyen avec furabondance ce qu'il peut perdre de fa fubftance en fourniffant à la lumière.

22. Quant à la propagation de la lumière & à la grande rapidité avec laquelle elle fe répand & parvient en fi peu de tems à des diftances immenfes , M. Newton les explique en fupposant un milieu qui remplit les efpaces celeftes, auquel il attribue la propriété d'être exceffivement plus rare & plus fubtil que l'air , & exceffivement plus élaftique & plus actif; fi ce milieu eft incomparablement plus rare & plus fubtil que l'air , il n'apportera aucune réfiftance fenfible aux planetes ni à la lumière , s'il eft comme infiniment plus élaftique & plus actif, les corpuscules lumineux feront transportés en peu de tems jufqu'aux lieux les plus éloignés.

23. Venons en au fecond fentiment de l'émiſſion dans l'hypothéſe du plein , M. de Mairan qui l'embraffe fuppoſe d'abord avec le P. Malebranche chaque tourbillon celeſte comme un balon parfaitement plein d'une matiere très-fubtile & très-fluide; l'étoile ou le Soleil, car c'eſt une même choſe, qn'i ſe trouve au centre de chacun de ces tourbillons n'eſt qu'un amas d'une ſemblable matiere infiniment agitée & tendant ſans ceſſe à ſ'échapper à la

ronde, non-seulement par le mouvement circulaire qu'elle a autour du centre mais aussi par une espece de bouillonnement. Elle est néanmoins retenue à ce centre par l'impulsion des couches de la matiere étherée ou ambiante, qui tournent plus vite qu'elle ; c'est cet effort du centre vers la circonférence, & l'effort reciproque de la circonférence vers le centre où elle est repoussée par les tourbillons voisins, c'est dis-je, cette action & cette réaction continuelles qui entretiennent l'équilibre du monde & qui causent dans la matiere subtile ou étherée ces vibrations, qui selon l'hypothèse ( du P. Malebranche ) venant à se communiquer à l'organe de la vûe excitent en nous le sentiment de la lumiere.... A cette description M. de Mairan ajoute seulement que le bouillonnement du centre du tourbillon, ou l'agitation très-violente des parties qui composent un Soleil causent en lui une effusion de corpuscules, qui étant poussés en ligne droite à la ronde avec une force presque infinie viennent frapper les corps solides qui se trouvent sur leur chemin; la Terre, par exemple, ou les autres planetes & nos yeux & y excitent cet ébranlement qui nous fait appercevoir la lumiere. Les pressions de l'éther & l'effort reciproque que le Soleil fait pour se dilater, ne feront la cause de la lumiere qu'entant qu'elles contraignent le Soleil de darder avec force ses corpuscules lumineux, à peu près comme on feroit rejaillir quelque liqueur enfermée dans un balon percé de plusieurs trous si on le comprimoit entre ses doigts. La vitesse & la hauteur de chacun de ces petits jets seroit proportionnée à la compression de la main, de même que la vitesse & la hauteur des grands jets d'eau se regle sur la compression, ou ce qui est la même chose sur la hauteur du reservoir. Ainsi la force avec laquelle le Soleil pousse la lumiere n'est autre chose que la force même des pressions de l'éther ou l'effet du poids immense du tourbillon du Soleil & de tous les tourbillons qui l'environnent. Par là il est aisé de comprendre comment les rayons du Soleil peuvent parvenir en très-peu de tems jusqu'à nous

& passer même au-delà jusques dans les tourbillons voisins , qui renvoyent reciproquement vers le nôtre une partie de la lumiere de leurs étoiles.

24. M. de Mairan continue. On voit bien par la brève exposition que je viens de faire de mon hypothèse que je ne veux pas adopter avec elle la plupart des opinions qui en ont été jusqu'ici comme inséparables, le vuide , par exemple , le atômes ou corpuscules indivisibles , leur pesanteur & leur mouvement innés , leur attraction & leur repulsion reciproques ; ouvrages de l'imagination qui décréditent un systéme très-vraisemblable par lui même ; mais qui s'étoit toujours ressenti d'un vice d'origine & des erreurs de l'ancien tems où il commença de paroître. J'ai taché de l'en purger & de le rectifier sur des idées plus saines & sur les découvertes les plus recentes. Celle du tems de 7 ou 8 minutes que la lumiere employe à se communiquer donne un nouveau jour à ce systéme ; car dès que la propagation de la lumiere se fera par l'écoulement & le transport actuel des corpuscules qui en font le sujet , il est clair qu'il y devra avoir quelque intervalle de tems entre l'instant auquel elle sort du corps lumineux & celui auquel elle entre dans l'œil. Il n'est pas moins évident qu'elle ne sçauroit plus se répandre que par des lignes droites , soit qu'elle parte directement du corps qui la produit , soit qu'elle soit réfléchie par les surfaces des corps solides qu'elle vient heurter. De-là naissent les ombres , l'opacité des corps dont elle ne peut pénétrer les pores sans s'affoiblir ou s'éteindre par les diverses réflexions qu'elle y souffre , & enfin toutes les autres propriétés les plus connues de la lumiere qui sont entierement incompatibles avec le systéme des pressions.

25. M. de Mairan ne dissimule point les objections qu'on peut former contre son systéme , il les previent & il y répond. Il propose la premiere en ces termes. On demandera peut être encore comment est-ce que malgré cette impétuosité avec laquelle le Soleil peut pousser la lumiere , les rayons lumineux peuvent traverser en 7 ou 8 minutes



minutes toute la matiere étherée qui est entre le Soleil & nous, sans que la résistance de cette matiere les arrête ? Mais je demande à mon tour, répond M. de Mairan, qu'elle est la mesure de la résistance de l'éther & son degré de fluidité, car c'est-là ce qui doit décider la question ? Des Physiciens habiles, & tout ensemble grands Mathématiciens ont pensé que la résistance de l'air devoit être à celle de l'eau, à peu près comme 1 à 800, c'est-à-dire en raison de leurs poids. Ainsi les corps qui ne seroient pas assez petits pour passer à travers les pores de l'eau & de l'air sans en écarter les parties, trouveroient 800 fois moins de résistance ou de difficulté à diviser l'air & à le traverser qu'ils n'en trouveroient à traverser l'eau. Et puisque rien n'empêche qu'il n'y ait dans la nature un fluide dont la résistance soit 800 fois plus petite que celle de l'air, comme celle de l'air est 800 fois plus petite que celle de l'eau, & quelqu'autre encore qui résiste 800 fois moins que le dernier, & ainsi de suite à l'infini, il ne sera pas mal aisé de comprendre que l'éther ou peut être une matiere encore plus subtile qui remplit ses interstices puisse être traversée avec tant de vitesse par les corpuscules lumineux. Il ne faudra pas aller bien avant dans la progression pour trouver un tel fluide & pour concevoir la possibilité de cette vitesse. Car en donnant, 1 de résistance à l'air & une 800<sup>me</sup> partie de cette résistance au fluide qui vient après ce seroit une 640000<sup>me</sup> pour celui qui suit. Or supposé, ce qui est ordinaire qu'un boulet de canon parcoure dans l'air 220 toises en une seconde, il pourroit parvenir du Soleil jusqu'à nous en moins de 7 minutes, s'il se mouvoit toujours dans un pareil fluide; le calcul en est aisé à faire & je néglige de le rapporter, mais il est défectueux en ce qu'apparemment la force qui chasse le boulet hors du canon est presque infiniment au-dessous de celle qui oblige le Soleil à darder ses rayons, & par conséquent le fluide dont je viens de parler, pourroit avoir beaucoup plus de résistance que je ne lui en donne sans qu'elle fût un obstacle à la prompte propagation de la lumiere.

26. Une autre difficulté c'est de concevoir comment le Soleil auroit pû fournir de la lumière dans des espaces si vastes depuis tant de siècles sans diminuer de grandeur, sans s'affoiblir & sans se dissiper.

27. On peut résoudre cette objection de deux manières, ou en montrant que la matière lumineuse est si subtile & si rare, que son effusion ne sçauroit diminuer sensiblement la grosseur des astres qu'après plusieurs milliers de siècles, ou en faisant voir que la nature a des ressources pour reparer la dissipation continuelle que les astres font de cette matière:

28. 1° Que la lumière soit le fluide le plus rare & le plus subtil que nous connoissons, on peut le déduire d'un calcul aisé à faire. Supposons que deux files de globules partent du centre du Soleil & qu'à la surface elles soient seulement écartées d'un diamètre de l'un d'eux, à la terre l'écart sera de 200 diamètres, parce que la terre est éloignée du Soleil de 200 demi diamètres de cet astre, & à la distance de Saturne elles seront écartées de 2000 diamètres, parce que Saturne est 10 fois plus éloigné que la terre; & s'ils sont repoussés ou réfléchis de Saturne jusqu'à nous centralement ou comme venant du centre, un demi diamètre donnant un écart de 2000, 2000 demi diamètres donneront un écart de 4000000 diamètres, en supposant que le demi diamètre de Saturne est égal à celui du Soleil, mais il est environ 10 fois moindre; l'écart sera donc de 40000000 diamètres de l'un des globules, la lumière que Saturne réfléchit vers nous est donc 40000000 plus rare qu'à la surface du Soleil. Cette preuve qui est tirée d'un Mémoire de 1728 n'est pas la seule que M. de Mairan apporte.

29. En second lieu le Soleil peut reparer les pertes qu'il fait en deux manières. 1°. Il peut recevoir de nouvelles parties lumineuses déjà toutes formées des autres astres, lesquels en envoient vers lui comme il en pousse vers eux. 2°. La matière étherée des couches les plus proches de la surface du Soleil peut s'y introduire pour rem-

placer l'effusion des corpuscules lumineux, & après avoir fait plusieurs circulations acquérir les qualités essentielles à la lumière. La reproduction continuelle de la flamme d'une lampe par le moyen du liquide qui lui sert d'aliment fournit une image sensible de cette opération de la nature; & parce que le Soleil dans ses vibrations se contracte & se dilate; c'est dans la contraction ou dans le resserrement qu'il lance la lumière; c'est dans la dilatation qu'il se remplit de la matière des couches voisines, laquelle va occuper la place que les corpuscules lumineux ont quittée. Dans la nécessité d'abréger on a seulement pris le précis de ces deux réponses.

*La matière de la lumière & la figure des corpuscules qui la composent.*

30. Après ce qu'on a dit de la diversité des couleurs fondé sur les expériences de M. Newton, on seroit volontiers porté à croire que les rayons de la lumière que l'on sçait être différemment refringibles ont aussi leurs parties diversement figurées, & que la variété des couleurs ou la différence que l'on apperçoit dans les sensations que l'on en a est un effet de cette diversité, & que chaque couleur simple est analogue à une espèce de figure; en sorte que dans les couleurs comme dans les odeurs & les saveurs tout s'exécute de la part des objets au moyen de la grosseur & de la figure des corpuscules qu'ils envoient ou qui s'en détachent. Cependant M. de Mairan pour expliquer les couleurs n'attribue aux parties de la lumière qu'une seule figure; sçavoir, la sphérique quoiqu'il reconnoisse avec M. Newton que les rayons qui la composent sont d'origine & par nature différemment refringibles, & que ceux d'une même espèce ont une disposition constante ou permanente à exciter le sentiment d'une certaine couleur par exclusion à toute autre. M. Descartes & le P. Malebranche donnent aussi aux corpuscules de la lumière la figure sphérique, avec cette différence que M. Descartes veut qu'ils soient absolument durs, & qu'au contraire le

P. Malebranche les suppose parfaitement mous. Mais M. Barow les conçoit comme autant de prismes ou de cylindres droits, on en verra la raison lorsqu'on en fera à la refraction & à la réflexion de la lumière.

31. Quant à la matière propre de la lumière M. de Mairan entre dans un certain détail qui ne peut que servir à en faire mieux entendre les propriétés. La matière en général n'a rien d'essentiel que l'étendue. Or l'étendue considérée en elle-même n'est susceptible que de figure & de mouvement. Tous les corps du monde ne peuvent donc différer entr'eux que par les figures & les mouvemens des parties visibles ou invisibles qui les composent, ou ce qui revient au même par les différentes grosseurs & par les divers arrangemens de ces parties. Des principes si simples en apparence sont pourtant la source d'une prodigieuse variété..... L'on a aussi donné le nom de principes des corps ou des mixtes aux matières les plus simples, dans lesquelles l'art les a pû réduire. Ces seconds principes en quelque façon plus matériels que les précédens sont ceux qu'on appelle *chimiques*. Ce sont de petits amas de matière, des corpuscules, dont les parties insensibles ont reçu certaines configurations ou certains mouvemens, & qui sont tellement liées les unes avec les autres, ou d'une si grande subtilité qu'aucune analyse n'a pû jusqu'ici les séparer. C'est l'un de ces principes, dit M. de Mairan, qui fait selon moi la matière de la lumière. Je conçois que cette matière doit être par tout la même en ce qui en fait le fond, & que celle d'un corps lumineux ne diffère de celle d'un autre corps lumineux que par le mélange des corpuscules étherogènes qui la déguisent, & par le plus ou le moins de densité ou de mouvement. Par exemple, la lumière du Soleil est sans doute plus épurée, plus dense & plus violemment agitée que celle de la flamme ordinaire, comme celle-ci l'est plus apparemment que la lumière de la plupart des phosphores & des noctiluques. Je crois donc que la matière lumineuse consiste en un soufre très-subtil & très-agité, & que ce n'est autre chose que le principe actif des Chimistes, ainsi nommé, parce qu'il



agit feul & qu'il fait agir les autres. Car des cinq principes de Chimie, il n'y a que le soufre qui ait cette propriété : parmi les autres quatre, on en compte un purement passif qui est la *terre*, laquelle ne fait que servir de receptacle ou de gaine aux autres, & trois moyens qui sont le *sel*, l'*eau*, & le *mercure*, lesquels deviennent capables d'agir lorsqu'ils sont joints au soufre. Il faut bien distinguer le soufre commun, ou les matieres grasses, huileuses & sulfureuses, du soufre dont il est ici question ; car quoiqu'elles abondent en ce principe, néanmoins comme elles peuvent être décomposées & reduites par analyse en des matieres plus simples, elles ne sçauroient être mises qu'au rang des mixtes, & par conséquent elles ne sont pas des principes. Le soufre principe ( & il a cela de commun avec le sel principe ) échappe à nos yeux, & nous ne pouvons le voir que joint à quelqu'un des trois autres. Il est si delié, si volatil & si actif, qu'on ne peut le degager des matieres qui lui servent de vehicule, sans qu'il n'en enleve plusieurs parties avec soi, ou sans qu'il ne se dissipe lorsqu'il a reçu tous les degrés de mouvement & d'agitation nécessaires pour se degager de ses enveloppes & pour devenir lumiere, on ne peut pas dire encore qu'il soit visible ; car à la rigueur on ne voit pas la lumiere, on voit seulement le corps lumineux qui la produit, & les corps qui la réfléchissent ou qu'elle éclaire. Un rayon de lumiere, par exemple, qui par le moyen de deux petits trous, perce de part en part une chambre obscure, ne sçauroit être apperçu des personnes qui y sont dedans à moins qu'on ne lui oppose quelque corps, ou qu'il ne s'éleve dans la chambre de la poussiere & quelque fetu, ou que l'air qu'il a à traverser ne se trouve fort grossier & fort dense.

32. J'ajoute encore ici touchant la matiere lumineuse en général, que les corpuscules qui la composent ne sont autre chose que des petits amas de ce fluide subtil, ou du soufre, réduits en globules qui tournent autour de leurs centres. Leur grosseur doit varier infiniment, mais elle

ne ſçauroit être au-deſſus d'une certaine meſure pour exciter dans nos yeux l'ébranlement de la viſion , & je les juge beaucoup plus gros que les globules de la matiere ſubtile proprement dite. Je donnerai des raiſons de tout cela autant que le comporte la nature du ſujet.

*La réflexion & la refraction de la lumiere.*

33. On a ſuppoſé comme un principe d'expérience que la lumiere qui tombe ſur des miroirs ou ſurfaces polies eſt réfléchié faiſant l'angle de réflexion égal à l'angle d'incidence ; on a auſſi ſuppoſé comme une choſe connue par des obſervations exactes , que ſi elle pénètre un nouveau milieu , elle ſe refracte en telle ſorte que le ſinus de l'angle de refraction eſt au ſinus de l'angle d'inclinaïſon dans un rapport conſtant : or ces deux propriétés ſont ſi conſidérables par la multiplicité des effets qui en naiſſent , qu'elles meritent bien qu'on tâche de les expliquer par leurs cauſes , & que l'on remonte ſ'il eſt poſſible juſqu'aux principes auxquels elles tiennent.

*La réflexion de la lumiere.*

34. La maniere d'expliquer la réflexion de la lumiere dépend de la figure des corpuscules lumineux ; ſ'ils ſont ſphériques & élaſtiques comme dans le ſentiment du P. Malebranche & de M. de Mairan , la force de chaque globule ſe réſout à la rencontre d'une ſurface polie en force verticale ou perpendiculaire & en force parallèle ou horiſontale , celle-ci demeure toute entiere ſans être diminuée , mais la force verticale ſe conſume à preſſer le globule & à comprimer ſon reſſort : or la compression finiſſant le globule recouvre toute ſa force verticale parce que le reſſort la lui redonne , mais en ſens contraire , c'eſt-à-dire qu'elle tend à l'éloigner de la ſurface réfléchiffante au lieu qu'elle le tenoit applati contre cette ſurface , donc la compression finiſſant le globule ſera pouſſé dans le ſens horiſontal & dans le ſens vertical par deux forces égales aux forces reſultantes de la force primitive , leſquelles ſe

composeron en une force qui sera égale à la force primitive, & semblablement appliquée au globule, c'est-à-dire que la direction de cette force sera avec la surface réfléchissante le même angle que la ligne d'incidence, par conséquent l'angle de réflexion sera égal à l'angle d'incidence, comme on l'a expliqué plus en détail dans les principes; c'est pourquoi on n'insiste pas d'avantage sur cette preuve.

On a fait voir dans le même endroit que si les globules de la lumière étoient absolument durs & incompressibles, comme M. Decartes le prétend, la réflexion seroit nulle ou n'auroit point lieu.

35. Voyons comment M. Barow explique la réflexion en supposant que les corpuscules de la lumière sont des prismes droits. Supposons que le parallélogramme ABCD (Fig. 115,) représente un rayon qui rencontre obliquement la surface réfléchissante EF, au moment que le point B touchera à cette surface ne pouvant plus avancer en ligne droite sera comme repoussé en arrière & tendra à se réfléchir suivant BA, tandis que le point D ne trouvant aucune résistance pourra continuer de se mouvoir suivant CDH, les deux points extrêmes B D seront donc également poussés l'un en avant & l'autre en arrière; il est clair que chacun de ces efforts ne peut avoir son effet à moins que la base BD ne tourne autour du point Z également distant des points B D; donc pendant que le point B décrira l'arc Bb, le point D décrira l'arc Dd égal à l'arc Bb, & lorsqu'il touchera la surface EF au point d, le rayon aura la situation *abdc* semblable à la situation ABDC, & le point d faisant effort pour avancer suivant *cd* sera repoussé suivant *dc*, pendant que le point b fait effort pour avancer suivant *ba*: or ces deux efforts devant avoir chacun leur effet, il est nécessaire que le rayon soit mû suivant une ligne parallèle à *ba* & à *dc*, par conséquent l'angle de réflexion Fdc sera égal à l'angle d'incidence ABE.

36. On pourroit demander ici pourquoi la lumière est

réfléchi si régulièrement à la rencontre des surfaces polies des miroirs ; car les preuves qu'on vient de donner de l'égalité des angles de réflexion & d'incidence supposent que ces surfaces sont parfaitement polies & sans aucune inégalité ; or cette supposition n'a point lieu dans la nature, c'est de quoi on peut se convaincre soit que l'on examine avec un microscope les surfaces les plus unies, soit que l'on fasse attention à la manière dont on les polit. 1°. Si on regarde avec un bon microscope les surfaces qui paroissent les plus lisses au toucher & à l'œil tout nud, on y découvre divers sillons, des profondeurs & des éminences incomparablement plus grandes que ne le sont les corpuscules de la lumière. 2°. On polit les surfaces par le frottement d'autres surfaces qui sont moins raboteuses, mais qui le sont toujours assez pour laisser sur la surface qu'on polit une infinité d'inégalités, car si l'une d'elles ou toutes deux étoient parfaitement polies elles n'auroient aucune prise l'une sur l'autre ; d'ailleurs une surface parfaitement unie est inconcevable dans l'état actuel des corps, car ceux qui sont les plus denses & les plus compactes sont percés d'une multitude innombrable de petits trous tant à la surface que dans l'intérieur & que l'on nomme pores ; de sorte que quelque soin que l'on prenne de les polir en diminuant de l'épaisseur, on est assuré que plusieurs pores viendront à la surface à mesure que quelques autres se boucheront ; ainsi on ne peut point se flatter dans l'état actuel d'avoir des surfaces parfaitement égales ; d'où vient donc qu'étant si peu unies ou si raboteuses par rapport à la lumière, cependant il y en a quelques unes qui la réfléchissent avec tant de régularité.

37. On convient que les surfaces des corps grossiers & sensibles ne sont point celles qui réfléchissent & qui réfractent immédiatement la lumière, car il y a aussi de la difficulté par rapport à la manière dont elle se réfracte. On peut lever l'une & l'autre difficulté tant dans le système du plein que dans l'hypothèse du vuide. Si on embras-



Se le système du plein, on soutient qu'il y a une matiere subtile qui remplit exactement tous les espaces que l'on pourroit regarder comme vuides, elle a toute la force qui lui est nécessaire pour s'insinuer dans tous les plis & les replis où il pourroit y avoir du vuide, elle pénètre tous les corps & les imbibe pour ainsi dire de sa substance, la petitesse & la profondeur des pores ne sont point un obstacle suffisant pour l'empêcher d'entrer & de les remplir, parce qu'elle est toujours prête à se diviser & à se subdiviser en parties de plus en plus petites & d'une ténuité sans bornes : or c'est cette matiere qui est le milieu immédiat de la refraction, comme il sera dit dans peu, & qui remplissant exactement les cavités ou les profondeurs qui sont à la surface d'un corps poli, par exemple, de l'acier ou du verre, & les égalant aux éminences & aux hauteurs qui s'y rencontrent, comme feroit un enduit ou une legere couche d'un fluide sensible, la dispose à réfléchir uniformément les rayons de la lumiere. A proprement parler ce n'est point cette matiere qui présente à la lumiere la surface réfléchissante, & qui la repousse pour ainsi dire, car les espaces celestes en sont remplis & les corps diaphanes en sont pénétrés, & cependant la lumiere ne laisse pas de les traverser; mais la matiere subtile se mêlant avec d'autres matieres moins fluides ou plus résistantes, elle prépare à la lumiere une surface lisse & unie en remplissant les pores du corps poli & des autres fluides avec lesquels elle se mêle, la quantité ou le degré du mélange dépend de la matiere propre de chaque corps, du nombre, de la figure & de la disposition des pores.

38. M. Newton qui suppose le vuide penché aussi à croire que les matieres grossieres, l'eau, le verre &c. ne refractent & ne réfléchissent la lumiere qu'au moyen d'un milieu fluide qui les environne & qui entre dans leurs pores. Il s'explique ainsi dans la question dix-neuvième de son optique. La refraction de la lumiere ne provient-elle pas de ce milieu ( étheré ) la lumiere s'éloignant toujours des parties du milieu qui sont les plus denses, & sa den-

sité n'est-elle pas plus grande dans les espaces libres & vuides d'air & d'autres corps grossiers que dans les pores de l'eau, du verre, du cristal, des pierres précieuses & d'autres corps compactes : car lorsque la lumière passe au travers du verre ou du cristal, & que tombant fort obliquement sur la surface du verre la plus éloignée, elle est totalement réfléchie, cette réflexion totale doit plutôt venir de la densité & de la vigueur du milieu hors du verre & au-delà du verre que de sa rareté ou de sa foiblesse. Il paroît par ce discours que M. Newton attribue la réflexion de la lumière qui se fait à la seconde surface d'un verre lorsqu'elle y tombe trop obliquement, à la densité & à la vigueur du milieu qui est hors du verre & au-delà du verre : ainsi suivant lui ce n'est point tant la surface du verre, que le milieu qui la touche immédiatement qui la réfléchit.

*La refraction de la lumière.*

39. On peut faire deux questions sur la refraction de la lumière. 1°. Pourquoi lorsque la lumière traverse un milieu plus dense, comme lorsqu'elle passe de l'air dans l'eau ou dans le verre, elle s'approche de la perpendiculaire d'incidence, & qu'elle s'en approche d'avantage si le milieu qu'elle pénètre devient de plus en plus dense, & qu'au contraire elle s'éloigne de la perpendiculaire si elle passe dans un milieu moins dense, par exemple, de l'eau ou du verre dans l'air. La seconde question, c'est de sçavoir pourquoi les sinus des angles d'inclinaison & de refraction sont dans un rapport constant, quelle que puisse être l'inclinaison des rayons incidens.

40. Les sentimens sont partagés sur la première question. Il y a des auteurs qui regardant les milieux les plus denses comme les plus résistans, prétendent que si la lumière en les traversant s'approche de la perpendiculaire, c'est parce qu'elle y trouve une plus grande résistance. Il est cependant certain que si on tire un mousquet contre une eau dormante en l'inclinant à la surface, la balle se

refractera en s'éloignant de la perpendiculaire ; ce qui est d'ailleurs conforme aux principes de la mécanique : or la bale trouve plus de résistance à pénétrer l'eau qu'à se mouvoir dans l'air , par conséquent si un corps sphérique passe dans un milieu plus résistant il se refracte en s'éloignant de la perpendiculaire. Cela posé , si la lumière est composée de corpuscules sphériques , comme il y a tout lieu de le croire , vû la regularité de leur réflexion ; en pénétrant un milieu qui leur résiste d'avantage , la refraction ou le detour qu'ils prendront les écartera de la perpendiculaire ; si au contraire ils entrent obliquement dans un milieu moins résistant ils s'approcheront de la perpendiculaire : or puisque l'expérience démontre que si la lumière passe dans des milieux de plus en plus denses , elle s'approche toujours d'avantage de la perpendiculaire , il s'ensuit que plus ils sont denses moins ils résistent à la lumière. Cela posé , la difficulté consiste à sçavoir , pourquoy la lumière trouve moins de résistance dans les milieux les plus denses , ce qui est le contraire de ce qui arrive aux corps grossiers.

41. La solution se tire de ce qu'on vient de dire de la matière subtile ; plus les milieux sont denses plus les pores en sont ferrés & étroits , plus les pores d'un milieu sont petits plus la matière subtile qui les remplit est épurée , ou son mélange avec les autres fluides grossiers & plus résistans en est moindre , donc la résistance que la lumière trouve en les pénétrant doit être aussi moindre : or c'est le fluide qui remplit ces pores qui est le milieu réfringent , car les milieux sensibles au toucher & à la vûe comme l'eau , le verre & les autres matières transparentes ne sont que les canaux ou les réservoirs du fluide qui refracte la lumière : donc plus ces réservoirs auront de densité plus la lumière aura de facilité à les traverser , ainsi elle s'approchera d'avantage de la perpendiculaire. On vient de voir que M. Newton qui raisonne dans la supposition du vuide est porté à admettre un milieu , qui étant la cause de la refraction est plus dense dans les espaces libres & hors du

verre que dans le verre , c'est-à-dire qu'il est plus dense dans l'air que dans le verre & dans les autres matieres diaphanes; or suivant M. Newton plus un milieu est dense plus il resiste ; donc suivant M. Newton la lumiere trouve plus de resistance à travers l'air qu'à travers le verre & les autres matieres diaphanes plus denses : or puisque la lumiere passant de quelqu'une de ces matieres dans l'air se refracte en s'éloignant de la perpendiculaire , il s'ensuit conformément aux principes de M. Newton que si elle traverse un milieu plus resistant , elle doit s'écarter de la perpendiculaire , & s'en approcher s'il est moins resistant. Ainsi soit , que l'on raisonne dans l'hypothèse du plein ou du vuide , dès qu'on voudra s'en tenir aux principes les plus connus de la Physique & y conformer ses assertions , on trouvera que si la lumiere se refracte en s'approchant de la perpendiculaire , c'est qu'elle trouve moins de resistance dans le milieu refringent , & que si elle s'en éloigne , c'est qu'elle en trouve d'avantage ; d'où il suivra que l'air resiste à l. lumiere plus que l'eau , & l'eau plus que le verre. Il y a cependant des Physiciens qui prétendent que si la lumiere pénétrant un nouveau milieu s'écarte de la perpendiculaire d'incidence , c'est qu'elle y trouve une moindre resistance , & qu'au contraire elle en trouve d'avantage si en pénétrant le milieu elle s'approche de la perpendiculaire. Pour arriver à cette conclusion ils se fondent sur ce principe de pure Méta-physique ; sçavoir , que la lumiere en se refractant doit suivre le chemin du tems le plus court. On peut voir là-dessus ce qu'on en a dit dans les principes. On verra bientôt que M. Barow supposant que les parties de la lumiere sont cylindriques ou semblables à des paralleloipedes droits conclut aussi de ses raisonnemens que si la lumiere pénètre un milieu plus resistant , elle se refracte en s'approchant de la perpendiculaire ; or M. Hartsoeker supposant de même que la lumiere est composée de parties cylindriques , fait des raisonnemens d'où l'on peut déduire que si la lumiere passe dans un milieu qui resiste



moins, elle se détourne en s'approchant aussi de la perpendiculaire. Ces deux sentimens sont évidemment contraires. Car si un rayon s'approche de la perpendiculaire lorsqu'il entre dans un milieu plus résistant, il doit s'en écarter si étant conditionné de la même manière il entre dans un milieu moins résistant. On en fera la comparaison lorsqu'on rapportera la preuve que M. Barow donne du rapport constant des sinus des angles d'inclinaison & de refraction, sur lequel roule la seconde question qu'on va examiner.

42. Voici les suppositions suivant lesquelles on va déterminer le rapport constant des sinus des angles d'inclinaison & de refraction. 1°. Si la lumière se meut dans un milieu homogène ou de même densité sa vitesse est uniforme. Car tout milieu corporel ou matériel résiste au mouvement, & à chaque instant il ôte au mobile quelque partie de sa vitesse. Cela posé si la lumière étoit mue dans un milieu non résistant, sa vitesse seroit accélérée sans cesse, parce que le corps lumineux agissant sur elle sans interruption, lui imprimeroit à chaque instant un nouveau degré de vitesse, de même que les corps pesans en reçoivent du principe de la pesanteur pendant tout le tems de leur chute : mais parce que la lumière se meut dans un milieu résistant, lorsque sa vitesse sera telle que la résistance qui en naît sera égale aux efforts instantanés du corps lumineux & qu'elle les détruira à mesure qu'ils tendent à lui en imprimer des nouveaux, pour lors ces forces égales se balançant l'une l'autre & étant dans un parfait équilibre, la lumière cessera d'être accélérée, & rien ne détruisant la vitesse qui lui a été imprimée elle sera mue uniformément.

43. 2°. Si la lumière passe dans un milieu plus résistant sa vitesse est retardée, parce que les efforts du corps lumineux étant moindres que la résistance actuelle du milieu, il est nécessaire que la lumière qui la surmonte perde une partie de sa vitesse. 3°. Si au contraire le nouveau milieu est moins résistant, la vitesse de la lumière sera

augmentée. Car la résistance actuelle du milieu étant inférieure aux efforts instantanés du corps lumineux, elle n'en détruira qu'une partie ; donc le surplus n'étant point contrebalancé ni en équilibre avec aucune force s'appliquera à la lumière & en augmentera la vitesse. 4°. Si la lumière pénètre un nouveau milieu avec différens degrés d'obliquité sa vitesse est également accélérée ou retardée. Car dans toutes ces différentes inclinaisons d'un rayon incident à l'égard de la surface réfringente, le milieu lui opposera toujours la même résistance, puisque la vitesse du rayon ou du corpuscule lumineux est la même, & que d'ailleurs la résistance se règle sur la vitesse ou sur le carré de la vitesse. Donc la résistance du milieu étant la même & l'effort instantané du corps lumineux aussi le même, il est nécessaire que la vitesse soit également accélérée ou retardée. On peut ajouter que suivant quelque inclinaison que le corpuscule lumineux pénètre dans le nouveau milieu, il aura toujours la même quantité de matière à déplacer pour s'insinuer ; ainsi sa vitesse étant la même la résistance du milieu sera aussi la même : or la résistance du milieu étant la même pour toutes les différentes inclinaisons, il est nécessaire que la vitesse soit également augmentée ou diminuée. 5°. On suppose que les corpuscules de la lumière sont assez petits pour que la réfraction se fasse dans un instant.

44. Supposons que le corpuscule lumineux A (Fig. 116) se mouvant dans le milieu Z va choquer la surface réfringente LL suivant la direction oblique AC, le milieu X qu'elle sépare du milieu Z étant supposé moins résistant. 1°. Aussi-tôt que le corpuscule touchera la surface LL au point C sa vitesse sera augmentée, puisque le milieu X résiste moins que le milieu Z. 2°. Dans l'instant que le corpuscule A touchera la surface LL au point C, & qu'il sera encore tout entier dans le milieu Z, il tendra à s'éloigner de la perpendiculaire ECG de tout autant qu'il tend à s'en approcher étant en A, puisque le milieu Z lui résiste autant en C qu'en A, & que d'ailleurs en C com-

me en A il est tout entier dans le milieu Z : or la tendance du corpuscule A à s'approcher de la perpendiculaire ECG est exprimée par AF ou CS, donc la tendance qu'il a à s'en éloigner lorsqu'il est en C est exprimée par une ligne CK égale à AF ; donc le corpuscule lumineux étant au point C, la refraction doit se faire de telle sorte qu'elle satisfasse à ces deux conditions ; sçavoir, que la vitesse soit augmentée, & que la détermination à s'éloigner de la perpendiculaire ECG ait tout son effet.

45. Cela posé. Voici comment on peut démontrer que le rapport du sinus de l'angle d'inclinaison au sinus de refraction est constant. Supposons que l'augmentation de vitesse est exprimée par EB ; si du point C comme centre & de l'intervalle CB on décrit le quart de cercle GDH, & que du point K on mene KD parallèle à ECG, & du point C le demi diamètre CD. Je dis que le corpuscule lumineux suivra la détermination CD. Car la vitesse dans le milieu Z étant exprimée par AG ou EC & l'augmentation par EB, la vitesse dans le milieu X sera exprimée par CB ou CD, donc par cette vitesse le corpuscule lumineux arrivera à quelque point de l'arc GDH dans un tems égal au tems par AC ; mais le détour que le corpuscule prend, ou la direction qu'il suit doit se combiner avec la détermination qu'il a à s'éloigner de la perpendiculaire ECG de telle sorte que cette tendance ait tout son effet, donc pendant que le corpuscule ira à quelque point de l'arc GDH, il faudra qu'il s'éloigne de la perpendiculaire ECG de toute la longueur CK ou DO ; donc si le corpuscule arrive en D il aura satisfait aux deux conditions, ce qui est évident, donc le corpuscule pénétrant dans le milieu X suivra la direction CD. Cela posé, soit prolongée AC jusqu'au point M de l'arc GDH, & soit tirée MN perpendiculaire à ECG. Les deux triangles semblables CMN, CAF donneront la proportion CM. CA :: MN. AF ou DO. Prenant CM pour sinus total MN sera le sinus de l'angle d'inclinaison MCN ou ACF, & DO sera le sinus de l'angle de refraction DCO ; donc

le sinus de l'angle d'inclinaison est au sinus de l'angle de refraction dans le rapport des lignes  $CM$   $AC$ , lesquelles représentent la vitesse augmentée & la vitesse primitive; or ces vitesses sont les mêmes quelque soit l'angle d'inclinaison  $ACF$ , donc elles sont dans un rapport constant; par conséquent les sinus  $MN$   $DO$  qui sont dans le même rapport, sont aussi dans un rapport constant.

46. Si le corpuscule lumineux passoit dans un milieu plus résistant sa vitesse seroit retardée, & l'on prouveroit par des raisonnemens semblables que le rapport dont il s'agit est aussi constant.

47. On va rapporter la preuve que M. Barow donne de la refraction. Le parallelogramme  $ABCD$  (*Fig. 117*) représente un rayon de lumiere qui va rencontrer obliquement la surface  $EF$  d'un milieu plus résistant. Il est clair que le point  $B$  fera un peu retardé, & que le point  $D$  continuant de se mouvoir dans le milieu moins résistant conservera toute sa vitesse, les deux points  $B$   $D$  seront donc mêlés avec des vitesses inégales; sçavoir, le point  $B$  dans le milieu plus résistant avec la moindre, & le point  $D$  dans le milieu moins résistant avec la plus grande: or ces mouvemens ne peuvent s'exécuter à la fois & en même tems, à moins que les deux points  $BD$  ne tournent autour d'un point  $Z$  en décrivant les arcs  $Bb$ ,  $Dd$ ; mais puisque c'est le point  $B$  qui est mêlé le moins vite, il s'en suit qu'il décrira le moindre arc; lorsque le point  $B$  aura décrit l'arc  $Bb$  & le point  $D$  l'arc  $Dd$ , le rayon touchant alors dans toute sa largeur  $BD$  ou  $bd$  le milieu plus résistant, le point  $D$  cessera de se mouvoir avec plus de vitesse que le point  $B$ , puisqu'il trouve la même résistance, donc la base  $BD$  ayant la situation  $bd$ , le rayon fera mêlé suivant une ligne parallele aux tangentes  $ba$   $dx$  qui sont les directions des points  $B$ ,  $D$  ou  $b$ ,  $d$  au moment que le mouvement circulaire cesse.

48. Cela posé, il est évident. 1°. que le rayon en se refractant s'est approché de la perpendiculaire  $BM$  ou  $dN$ , c'est-à-dire que sa longueur  $BA$  ou  $ba$  fait avec  
cette



cette perpendiculaire un moindre angle après qu'avant la refraction. Car l'angle  $BdN$  est droit, l'angle  $bdx$  est aussi droit; donc retranchant la partie commune  $bdN$ , l'angle  $Ndx$  est égal à l'angle  $BdZ$ . De même les angles  $EBM$ ,  $GBZ$  sont droits, retranchant l'angle commun  $ZBM$ , l'angle  $EBZ$  sera égal à l'angle  $GBM$  qui est l'angle d'inclinaison, comme l'angle  $Ndx$  ou son égal  $BdZ$  est l'angle de refraction: or l'angle  $GBM$  ou son égal  $EBZ$  est plus grand que l'angle  $BdZ$ , puisqu'il est extérieur; donc l'angle d'inclinaison est plus grand que l'angle de refraction; donc le rayon entrant dans un milieu plus résistant s'est réfracté en s'approchant de la perpendiculaire.

49. Le rapport constant des sinus des angles d'inclinaison & de refraction se démontre ainsi. Dans le triangle  $dBZ$ , l'angle  $ZBd$  a le même sinus que l'angle  $EBZ$  qui est égal à l'angle d'inclinaison, de sorte que dans le triangle  $dBZ$  les sinus des angles  $ZBd$ ,  $BdZ$  seront les mêmes que les sinus des angles d'inclinaison & de refraction; or les sinus des angles  $ZBd$ ,  $BdZ$  sont entr'eux comme les côtés opposés  $dZ$ ,  $BZ$ ; donc ils sont aussi entr'eux comme les demi-diamètres  $DZ$ ,  $BZ$ , qui ont décrit les arcs  $Bb$ ,  $Dd$ : or qu'elle que soit l'inclinaison du rayon  $ABDC$  le milieu dans lequel le point  $B$  pénètre fera toujours la même résistance, & ce point sera également retardé, & le point  $D$  ayant toujours la même vitesse dans le milieu moins résistant, il sera nécessaire que les arcs  $Bb$ ,  $Dd$  aient toujours entr'eux le même rapport, donc les demi-diamètres  $DZ$ ,  $BZ$  auront aussi entr'eux le même rapport, puisque les arcs  $Bb$ ,  $Dd$  sont semblables, donc le rapport des sinus des angles d'inclinaison & de refraction sera le même.

50. M. Hartsoecker supposant aussi que le rayon  $ABDC$  a la figure d'un prisme droit raisonne ainsi pour déterminer la route qu'il doit tenir en entrant dans le nouveau milieu. Soit  $ABDC$  un rayon de lumière qui après avoir

traversé en ligne droite une matiere subtile , comme, par exemple , celle qui est entre les particules de l'air , & dont il étoit également pressé de toutes parts , rencontre obliquement au point *B* une matiere plus subtile , comme, par exemple , celle qui est dans les petits corps creux qui composent le verre : or comme cette derniere matiere , étant plus subtile , doit presser & pousser ce rayon avec moins de force que l'autre d'où il sort , il est évident que ce rayon étant ainsi ferré dès le point *B* entre ces deux matieres de force inégale fera contraint , malgré l'effort qu'il fera par sa rapidité pour continuer son mouvement en ligne droite , de suivre la pression de la matiere qui est superieure en force , & à laquelle l'autre matiere sera obligée de ceder , & ainsi le rayon s'approchera à chaque instant tant soit peu de la perpendiculaire *BM* , prenant son chemin le long d'une ligne courbe , jusqu'à ce que sa partie *D* se soit plongée dans la même matiere où sa partie *B* s'étoit déjà plongée. Mais si un rayon comme *abdx* après avoir traversé en ligne droite une matiere subtile , avoit rencontré au point *d* une matiere moins subtile , dont il auroit été par conséquent pressé avec plus de force que sur l'autre , il se feroit détourné de la perpendiculaire , par une semblable raison que nous venons de voir qu'il s'en est approché.

51. Il est clair qu'une matiere plus subtile , qui est inferieure en force , qui est obligée de ceder , présente l'idée d'un milieu moins resistant : or suivant l'Auteur le rayon *ABDC* entrant dans ce milieu s'approche de la perpendiculaire , & cependant suivant *M. Barow* le rayon *ABDC* entrant dans un milieu plus resistant s'approche aussi de la perpendiculaire. Ces deux sentimens sont donc contraires , c'est ce qu'on s'étoit proposé de remarquer.

### *Les couleurs.*

52. *M. Descartes* pour expliquer les couleurs suppose que les globules de la lumiere tournent chacun sur leur

contre & que ces mouvemens de rotation font en différentes proportions avec le mouvement direct commun à tous. Ainsi les globules qui tendent à tourner avec plus de force qu'à se mouvoir en ligne droite font voir du rouge, ceux qui n'y tendent qu'un peu plus fort causent le jaune, s'ils tournent seulement quelque peu moins vite qu'ils ne se meuvent en ligne droite ils feront voir du verd & le bleu paroîtra là où ils tourneront beaucoup moins vite. M. Decartes fait donc consister les couleurs dans les différens degrés de force résultante du mouvement direct & du mouvement de rotation des globules. Les forces des globules ne differeront donc que du plus ou du moins & n'exciteront dans l'organe de la vision que des ébranlemens plus ou moins forts; or suivant la remarque du P. Malebranche le plus & le moins de la force ou de la foiblesse de l'ébranlement du nerf optique ne change point l'espece de la couleur, mais seulement la nuance en ce que les couleurs d'une même espece paroissent plus vives les unes que les autres; l'hypothèse de M. Decartes est donc insuffisante pour expliquer les couleurs, d'ailleurs le P. Malebranche avoit aussi remarqué qu'elles ne peuvent point subsister avec la dureté des globules.

53. M. de Mairan relève encore dans cette explication un défaut essentiel qui en démontre la fausseté. Supposons que plusieurs globules de la lumiere qui ont différentes quantités de tournoyement sur leurs centres, en même sens ou en des sens directement opposés tombent parallèlement sur un plan uni qui les réfléchisse, la reflexion de chacun de ces globules sera différente selon le différent degré de rotation qu'il a, car ce mouvement augmentera ou diminuera le mouvement horizontal ou parallele au plan selon qu'il sera plus ou moins grand, favorable ou contraire; ainsi quoique les lignes d'incidence fassent toutes avec le plan le même angle, les angles de réflexion étant inégaux les globules des différentes couleurs se sépareront, la lumiere blanche se décomposeroit donc dans ses couleurs par la seule réflexion; ce qui est contraire à l'expérience.

54. Le P. Malebranche peu content de l'explication que M. Decartes donne des couleurs, les fait consister dans le plus ou le moins de promptitude des vibrations de pression. Car suivant ce qu'on vient de remarquer le plus ou le moins de force dans ces vibrations ne change point l'espece de la couleur : or les vibrations de pression lesquelles constituent la lumiere ne peuvent être que fortes ou foibles, promptes ou lentes ; il reste donc que les couleurs consistent dans le plus ou le moins de promptitude avec laquelle les vibrations succedent les unes aux autres. L'Auteur après avoir exposé le sentiment qu'il a de la nature & de la propagation de la lumiere & des couleurs qui y paroissent entre en preuve, & il fait remarquer.

55. 1°. Que le son ne se fait entendre que par le moyen des vibrations de l'air, qui ébranlent le nerf de l'oreille ; car lorsqu'on a tiré autant qu'on l'a pû l'air de la machine pneumatique, le son ne s'y transmet plus lorsqu'il est médiocre, ou d'autant moins que l'air y est plus rarefié.

56. 2°. Que la différence des tons ne vient point de la force des vibrations de l'air, mais de leur promptitude plus ou moins grande, comme tout le monde sçait.

57. 3°. Quoique les impressions que les objets font sur les organes de nos sens, ne diffèrent quelque fois que du plus ou du moins, les sentimens que l'ame en reçoit diffèrent essentiellement. Il n'y a point de sensations plus opposées que le plaisir & la douleur. Cependant tel qui se gratte avec plaisir, sent de la douleur s'il se gratte un peu plus fort, parce que le plus & le moins de mouvement dans nos fibres diffère essentiellement par rapport au bien du corps, & que nos sens ne nous instruisent que de ce rapport. Il y a bien de l'apparencé que le doux & l'amer qui causent des sensations si opposées ne diffèrent souvent que du plus ou du moins, car il y a de gens qui trouvent amer ce que les autres trouvent doux,.. Il est certain que les couleurs dépendent naturellement de l'ébranlement de l'organe de la vision. Or cet ébranlement ne peut être que fort & foible, ou que prompt & lent. Mais l'expérience



apprend que le plus & le moins de la force ou de la foiblesse de l'ébranlement du nerf optique ne change point l'espece de la couleur, puisque le plus ou le moins de jour dont dépend le plus ou le moins de cette force, ne fait point voir ordinairement les couleurs d'une espece différente & toute opposée. Il est donc nécessaire de conclure que c'est le plus & le moins de promptitude dans les vibrations du nerf optique, ou dans les secousses des esprits qui y sont contenus, laquelle change les especes des couleurs, & par conséquent que la cause de ces sensations vient primitivement des vibrations plus ou moins promptes de la matiere subtile qui compriment la retine.

58. Ainsi il en est de la lumiere & des diverses couleurs comme du son & des différens tons. La grandeur du son vient du plus & du moins de force des vibrations de l'air grossier, & la diversité des tons du plus ou du moins de promptitude de ces mêmes vibrations, comme tout le monde en convient. La force ou l'éclat des couleurs vient donc aussi du plus & du moins de force des vibrations, non de l'air, mais de la matiere subtile; & les différentes especes de couleurs du plus & du moins de promptitude de ces mêmes vibrations.

59. Lorsqu'on a regardé le Soleil, & que le nerf optique a été fort ébranlé par l'éclat de sa lumiere, à cause que les fibres de ce nerf sont situés au foyer des humeurs transparentes de l'œil : alors si l'on ferme les yeux ou si l'on entre dans un lieu obscur l'ébranlement du nerf optique ne changera que du plus ou du moins. Cependant on verra différentes couleurs, du blanc d'abord, du jaune, du rouge, du bleu & quelques unes de celles qui se font par le mélange des primitives, & enfin du noir : d'où l'on peut conclure que les vibrations de la retine très-promptes d'abord, deviennent peu à peu plus lentes. Car encore une fois ce n'est point la grandeur ou la force de ces vibrations, mais leur promptitude qui change l'espece des couleurs; puisque le rouge, par exemple, paroît rouge à une foible aussi bien qu'à une grande lumiere. On

pourroit donc peut-être juger par la suite de ces couleurs, si elle étoit bien constante, que les vibrations du jaune sont plus promptes que celles du rouge & celles du rouge que du bleu, & ainsi des autres couleurs qui se succèdent. Mais il me paroît impossible de découvrir précisément par ce moyen, ni même par aucune autre les rapports exacts de promptitude de ces vibrations, comme on les a découverts dans les consonances de la musique. On ne peut sur cela que deviner & aller au vraisemblable.

Dans le système de l'émission ou du transport des corpuscules de la lumière jusqu'à l'œil, on ne sçauroit faire consister les couleurs dans les vibrations de pression; c'est pourquoi M. de Mairan qui se déclare pour ce système les établit sur d'autres principes. Il a traité ce sujet dans la dissertation sur les phosphores & les noctiluques, & dans un Mémoire année 1738. On prendra dans ces deux sources les endroits qui y ont le plus de rapport & qui sont les plus propres à faire entendre son sentiment.

60. Il s'explique dans la dissertation ainsi qu'il suit. Depuis qu'on a commencé à raisonner des effets de la nature sur les idées que la Géométrie & la Mécanique nous fournissent, presque tous les Physiciens ont cru que les différentes couleurs qu'on remarque dans la lumière, soit rompue, soit réfléchie ne consistoient que dans les modifications qu'elle reçoit en se rompant à travers les corps qu'on appelle transparens, ou en se réfléchissant sur la superficie de ceux qu'on nomme colorés. La lumière étoit regardée comme indifférente à quelque couleur que ce soit, ou comme susceptible de toutes les couleurs; & les couleurs inhérentes des corps n'étoient autre chose que la disposition que leurs parties insensibles avoient à modifier la lumière de telle ou de telle façon, en conséquence de leurs figures, de leurs grosseurs, de leurs arrangemens & de leurs mouvemens. Aujourd'hui ce n'est plus cela, on prouve par des expériences décisives.

61. Que la lumière contient en elle-même toutes les couleurs, indépendamment des configurations intérieures

ou exterieures des corps au travers desquels elle passe ou sur lesquels elle se réfléchit ; c'est-à-dire qu'un rayon sensible du Soleil , par exemple , est composé de particules de différente espece , dont chacune a la propriété d'exciter dans l'ame , par le moyen de l'organe de la vûe , le sentiment de couleur particuliere de cette espece , sans qu'aucune réflexion ni qu'aucune refraction puisse jamais la changer ; que le blanc n'est pas proprement une couleur , mais un composé de toutes les couleurs ; & que le noir au contraire n'est que la negation de toutes les couleurs.

62. Que chaque couleur des corps ne consiste dans la figure & dans l'arrangement particulier des parties qui le composent , qu'en tant qu'ils sont par là plus propres à rompre & à absorber dans leurs pores la lumiere d'une certaine couleur , & à réfléchir celle d'une autre couleur , Ainsi le carmin , par exemple , est fort rouge parce qu'il ne réfléchit que la lumiere rouge , & que toutes les autres especes de lumiere se rompent & se perdent dans ses pores sans se réfléchir. Enfin , que chaque espece de lumiere à sa refraction déterminée , c'est-à-dire , que chaque couleur en passant obliquement d'un milieu dans un autre , de l'air , par exemple , dans le cristall se rompt à sa rencontre par un angle particulier différent de celui des autres couleurs. C'est ce que M. Newton auteur de cette découverte appelle la différente refrangibilité des couleurs de la lumiere. C'est principalement par cette propriété qu'il a reconnu toutes les autres ; & les ingenieuses expériences dont il s'est servi pour s'en assurer , pourroient toutes seules immortaliser un nom moins célèbre que le sien.

63. Ces faits ( qu'on a décrit précédemment dans les expériences sur la lumiere ) étant posés , j'attribue la refrangibilité particuliere de chaque couleur , à la vitesse particuliere des globules lumineux qui produisent cette couleur ; & j'explique les différentes vitesses de ces globules lumineux par leurs différentes grosseurs. Les bornes entre lesquelles doivent être renfermées la vitesse & la gros-

seur des corpuscules lumineux , pour être en état d'agir sur l'organe de la vûe , n'empêchent point que cette vitesse & cette grosseur ne puissent varier infiniment entre les deux extrémités. Or la moindre variété de la part de la matiere est capable de produire en nous des sensations très-différentes. On sçait que toute la diversité des tons ne consiste que dans le plus ou le moins de vitesse des vibrations communiquées à l'air par les fremissemens du corps sonore. Ainsi il n'y a rien que de très vraisemblable , que les corpuscules lumineux qui viennent frapper les fibres de l'organe de la vûe avec des vitesses & des grosseurs différentes y causent des ébranlemens relatifs à de différentes sensations de couleurs.

64. Pour expliquer donc par ce moyen les différentes refrangibilités de la lumiere , je suppose qu'un corps qui passe obliquement d'un milieu dans un autre , ne se détourne de la ligne droite qu'à cause que le nouveau milieu où il se va mouvoir , lui resiste plus ou moins que celui qu'il quitte. Par exemple , une balle de mousquet qui est tirée obliquement contre la surface de l'eau ne se détourne de la direction qu'elle avoit dans l'air , que parce qu'à la rencontre de l'eau , elle ne trouve plus la même facilité à suivre son chemin qu'auparavant. Or elle doit se détourner d'autant plus de la ligne qu'elle traçoit dans l'air , que l'obstacle qui se présente à son passage est plus grand. *Mais si la vitesse du mobile augmente , l'obstacle demeurant le même le detour changera , & ce sera la même chose que si l'obstacle étoit moindre & que la vitesse fût la même. L'obstacle étant le même le mobile se detournera donc différemment eu égard à sa vitesse.* Donc si les globules de la lumiere ont des vitesses différentes ils auront différens degrés de refrangibilité en changeant de milieu. Mais quelle peut être la cause de ces différentes vitesses des corpuscules de la lumiere ? Pour moi je n'en vois pas de plus simple & de plus probable que leurs différentes grosseurs. Plusieurs balles poussées dans le même instant avec une même raquette , doivent aller d'une



différente vitesse, si étant de la même matière, elles ont différentes grosseurs. Ainsi en supposant comme je fais, que les corpuscules de la lumière sont de différente grosseur, sans que cette différence aille pourtant au-delà de certaines limites, on peut, ce me semble expliquer fort naturellement la différente refrangibilité des couleurs de la lumière & toutes les autres propriétés qui s'en ensuivent.

65. Il paroît par cet exposé que M. de Mairan reconnoît avec M. Newton que les couleurs primitives ne consistent point dans certaines dispositions passagères, qu'elle acquiere ou qu'elle perde à la rencontre des surfaces qui la réfléchissent ou qu'elle pénètre, mais que ces dispositions sont inhérentes & indestructibles. Il réduit donc la question sur les couleurs à sçavoir qu'elles sont ces dispositions dans la lumière, & comment elles se manifestent. Or 1°. si les globules lumineux ont différentes vitesses ils ébranleront différemment les fibres de l'organe de la vision, & exciteront dans l'ame les sensations relatives aux différentes especes de couleurs. 2°. Si les globules lumineux ont des vitesses différentes ils se refracteront inégalement, c'est-à-dire que ceux d'une même vitesse se sépareront des autres, & séparés de la sorte ils produiront le sentiment de la couleur qui leur est propre.

66. M. de Mairan descend dans un plus grand détail dans le Mémoire de 1738, il y rend même sa théorie générale, en sorte qu'on peut l'appliquer non-seulement au système de l'émission, mais encore au système des pressions & quelque fois plus heureusement & avec plus de facilité à ce dernier : il en déduit les principales propriétés que M. Newton a démontré par ses expériences inséparables de la lumière, entr'autres que les couleurs primitives étant une fois séparées les unes des autres elles sont indestructibles ; on peut bien les affoiblir en les faisant passer par différens milieux, parce qu'à chaque passage il se fait une dissipation de rayons, mais on ne peut point changer l'espece de couleur ; ainsi par exemple, les rayons dont la vitesse assortit le rouge seront toujours rouges ; car si on

leur fait pénétrer une même surface réfringente sous différentes obliquités d'incidence , les vitesses avant & après la réfraction seront dans un rapport constant , donc ils feront toujours des impressions semblables ; s'ils traversent différens milieux , ils se rompront autrement que les rayons des autres couleurs , puisqu'ils ont une vitesse différente , donc ils ébranleront aussi l'organe autrement que ces autres rayons , & parce que leurs vitesses après & avant la réfraction seront encore dans un rapport constant , les impressions qu'ils feront seront toujours essentiellement différentes des impressions que les autres rayons peuvent faire , l'espece de couleur fera donc encore la même. Comme la lumière perd de sa vitesse en passant dans un milieu qui résiste d'avantage , il faut une cause qui lui redonne ce qu'elle en a perdu , en retournant dans le milieu , où elle se mouvoit avec plus de facilité : dans l'hypothèse des pressions ce sera le corps lumineux qui réparera la perte puisqu'il est continuellement appliqué au même sujet ; dans l'hypothèse de l'émission , ce seront les vibrations du corps diaphane même , du milieu plus résistant excitées par le choc de la lumière & le débandement de ses parties élastiques qui redonneront aux globules de la lumière qui en sortent la vitesse qu'ils avoient perdu en y entrant en mettant ces parties en contraction.

67. Enfin si l'œil se trouvoit dans un milieu différent de l'air , par exemple dans l'eau , ou bien si une lumière homogène ou de la même vitesse , après avoir passé par divers milieux , n'avoit point , en parvenant à l'œil toute la vitesse dont elle a besoin pour exciter la même sensation , ou le même ébranlement sur la rétine , elle l'auroit après qu'elle auroit traversé les trois humeurs , parce que les changemens qu'on peut lui faire subir par la réfraction se résistent nécessairement dans ces humeurs , ou les vitesses des mêmes rayons sont toujours les mêmes tant qu'elles ne changent point. Car si les humeurs de l'œil viennent à changer par accident ou par la vieillesse , le sentiment des couleurs change aussi , & la différence en est

sensible lorsque l'accident n'est arrivé qu'à l'un des deux yeux : ainsi chaque rayon à la sortie de l'humeur vitrée & en tombant sur la retine, a sa vitesse propre convenable à sa couleur, donc un rayon de lumière partant du Soleil avec une vitesse donnée aura dans l'humeur vitrée une vitesse donnée quelques milieux qu'il ait traversé auparavant ; & voilà pourquoi la couleur de chaque rayon est immuable quoiqu'elle depende de sa vitesse qui est une modification changeante.

### *La transparence des Corps.*

68. Un corps opaque est celui qui réfléchit la lumière ou qui l'amortit & à travers lequel on ne sçauroit voir le jour. Un corps transparent est celui qui donne passage à la lumière ou au travers duquel on voit le jour.

M. Bouguer de l'Académie Royale des Sciences s'explique sur la transparence ainsi qu'il suit. On croit ordinairement que la transparence des corps diaphanes ne vient que de ce qu'ils ont des pores qui les traversent en ligne droite dans tous les sens, & de ce que ces pores sont remplis d'éther ou de la partie la plus subtile de l'air, laquelle est propre à transmettre la lumière. De cette sorte si l'air que nous respirons est si transparent, ce n'est que parce qu'il ne contient que fort peu des parties grossières : mais comme l'eau & le verre en contiennent beaucoup d'avantage, & qu'ils ont par conséquent moins de pores ils ne doivent pas donner un si libre passage à la lumière. On fait consister ainsi le plus ou le moins de transparence dans la plus grande ou dans la moindre quantité de pores ; & on croit que tous les rayons qui rencontrent quelques parties solides s'éteignent ou s'amortissent, parce que ces parties doivent transmettre irrégulièrement leur pression à toutes les autres parties sur lesquelles elles s'appuyent.

69. Mais quoique ce sentiment soit reçu de la plupart des Physiciens, il nous semble qu'il faut que les parties

solides transmettent elles-mêmes la lumière dans plusieurs rencontres. En effet quelque multitude de pores qu'on imagine dans les corps, on a bien de la peine à concevoir qu'il s'en trouve dans tous les sens possibles, & on ne sçait même si l'air pourroit être transparent. Il est vrai que les parties de ce milieu sont très-rares, qu'elles ne sont qu'une très-petite portion du volume qu'elles nous paroissent occuper, & que tout le reste est de l'éther ou de l'air subtil. Mais il ne paroît toujours gueres possible qu'il ne se rencontre pas quelque partie grossière sur un rayon d'une longueur un peu considérable. Lorsque le Soleil paroît dans l'horison, ses rayons font un très-grand chemin dans la partie basse de l'atmosphère; ils rampent, pour ainsi dire, sur la terre plus de neuf ou dix lieues, avant de parvenir jusqu'à nous: lorsqu'on voit aussi de 40 ou 50 lieues de distance le sommet de quelque montagne fort élevée, la lumière parcourt tout cet espace dans un air très-condensé. Or est-il vraisemblable, que sur une ligne d'une si extrême longueur, il n'y ait pas toujours quelques parties grossières d'air, puisque ces parties sont tellement distribuées ici bas, qu'il y en a toujours plusieurs non-seulement dans un espace d'un pouce ou d'une ligne, mais aussi dans le plus petit espace sensible. Mais sans insister sur cette difficulté, nous pouvons prouver d'une manière directe, en supposant le sentiment du P. Mallebranche sur la dureté des corps, que les parties grossières doivent transmettre la pression des rayons de lumière qui les rencontrent. Imaginons-nous que toutes les lignes parallèles AB, CD &c. (*Fig. 118.*) sont des rayons & qu'il y en ait quelqu'un qui choque les grains de matière *ab ef* &c. dont le corps PQRS est formé. Si le petit grain de matière étoit solide par lui-même, ou si toutes les petites pardont il est lui-même composé, étoient attachées les unes aux autres, il avanceroit tout entier selon la direction du rayon de lumière Aa qui le choque en *a*; il communiqueroit irrégulièrement son mouvement aux grains de matière qui le toucheroient, & le rayon seroit amorti. Mais on



doit considérer que les grains de matiere ne peuvent pas être ainsi durs par eux-mêmes ; car d'où viendrait la force qui uniroit leurs plus petites parties ? Chaque grain de matiere est contenu sous une surface constante , tant qu'il est comprimé par tout également par l'air subtil. Mais lorsqu'un grain de matiere est pressé tout à coup en *a* par un rayon de lumiere *Aa* , il ne doit plus conserver exactement sa même figure puisqu'il n'est plus également comprimé par tout ; la matiere dont il est formé doit avancer vers le point opposé *b* , & y former une petite éminence. Il est clair aussi que si le rayon *Aa* agit par secousses , & par des secousses plus ou moins promptes , comme on croit que le font les rayons de différentes couleurs, la petite éminence faite en *b* augmentera ou diminuera aussi avec les mêmes secousses , & transmettra à l'air subtil ou à l'éther qui est au-dessous , tous les divers degrés de pression qui se font en *a*.

70. Le rayon *Aa* ayant traversé ainsi le grain de matiere 1 , traversera de la même maniere le grain de matiere 2 & continuera ensuite son chemin en ligne droite en suivant la ligne *aB*. La même chose arrivera aussi au rayon *Cc* qui passe entre les parties 1 & 5 pour entrer dans le corps *PR*. Ainsi on voit qu'une petite partie de matiere placée à propos , n'interrompt point le cours de la lumiere : & sans doute que c'est de cette sorte que nous voyons les objets fort éloignés malgré la grande épaisseur d'air grossier que la lumiere qu'ils font rejaillir vers nous a à traverser. Il n'est pas possible, comme nous l'avons dit, que sur un rayon de 30 ou 40 lieues , il n'y ait pas toujours quelques parties d'air grossier ; mais si ces parties tournent une de leurs petites faces vers l'objet & l'autre vers nous, la pression du rayon fera transmise de notre côté , & nous pourrons par conséquent voir l'objet.

71. Nous disons que pour que le rayon suive la ligne droite , il faut que les petites faces *a* & *b* qu'il rencontre lui soient directement exposées : car ce sont deux loix qui s'observent toujours , qu'un corps qui va choquer obli-

quement une surface n'agit dessus que selon le sens perpendiculaire suivant lequel il s'en approche, & qu'une surface qui avance vers un corps & qui le choque, ne le pousse ainsi que selon la seule ligne perpendiculaire. Ainsi le rayon  $Ln$  doit se détourner & prendre le chemin  $nopqM$ , à cause de l'obliquité de toutes les petites faces qu'il rencontre : & il est clair que ce rayon détourné & séparé, pour ainsi dire de la compagnie des autres, ne pourra pas agir seul avec assez de force pour se faire sentir, ou qu'il ne servira tout au plus qu'à repandre cette lumière foible, qui accompagne pour l'ordinaire la lumière principale, & qui ne paroît pas venir directement du corps lumineux. Cependant il peut arriver qu'un rayon détourné de la ligne droite rencontre quelque autre partie grossière qui le redresse en le détournant une seconde fois. J'ai représenté ce double détour des rayons en courbant différemment la ligne  $EghiklmF$ . Le premier détour se fait en  $h$ , parce que la petite éminence qui se fait en  $h$  par la pression du rayon de lumière en  $g$  ne peut pousser l'air subtil ou l'éther qui est entre les deux parties 5 & 6 que perpendiculairement à la petite face  $h$ . Mais ce même rayon se détournant derechef à toutes les petites faces qu'il rencontre & qui ne lui sont pas directement exposées, reprend comme on le voit sa première direction, & agissant ensuite dans le même sens que les autres, il doit contribuer à augmenter la lumière. Au surplus les petites parties qui ne servent qu'à détourner les rayons lorsqu'ils viennent d'un certain côté, peuvent servir à les transmettre en ligne droite lorsqu'ils viennent d'un autre côté.

72. Mais on nous demandera peut-être maintenant, comment il est possible que tous les corps ne soient pas diaphanes & qu'il y en ait un si grand nombre d'opakes. Pour répondre à cette question, nous n'avons qu'à faire remarquer que la force de la lumière diminue beaucoup à chaque détour, & qu'elle peut diminuer assez pour cesser d'être sensible. Supposons, par exemple, que le rayon  $Ns$  forme avec la petite face  $s$  du grain de matière 8, un an-

gle demi droit ; au lieu d'agir avec toute sa force , il n'agira , comme le sçavent les lecteurs , qu'avec une force relative qui sera à la force absolue , comme le côté d'un triangle rectangle est à sa diagonale ou comme 1 est à la racine quarrée de 2 ; voilà déjà un affoiblissement , mais la ligne *st* suivant laquelle se transmet la pression au dedans de la petite partie 8 , faisant avec la petite face *t* un angle encore demi droit , le rayon souffrira en *t* un second affoiblissement semblable au premier ; & la pression se trouvera justement reduite à la moitié par ces deux diminutions. Cependant le rayon n'a encore traversé qu'un petit grain de matiere ; & il n'y a point de doute qu'il n'en rencontre souvent plusieurs tout de suite dans les corps transparens qui ont une épaisseur sensible. La même chose arrivera peut-être aussi au rayon *LonpqM* qui quitte la compagnie des autres & qui vient sortir par le côté. Après cela il n'est pas surprenant si nous avons des corps qui paroissent absorber ou amortir entierement la lumiere ; & il est clair qu'il doit y avoir une varieté comme infinie dans la transparence selon que les parties , comme *st* sont différemment mêlées avec les parties *ab* & *cd*.

73. Si ensuite dans la même épaisseur il se trouve plus de grains de matiere , & plus de surfaces obliques , outre que plusieurs rayons perdront beaucoup plus de leur force en traversant cette épaisseur , il y en aura un plus grand nombre qui seront détournés , & la lumiere qui traversera le corps sera si foible qu'elle ne sera plus capable de produire une impression sensible sur nos yeux.

### *Les Phosphores & les Noctiluques.*

64. Il est aisé de juger que M. de Mairan , dans sa dissertation sur les phosphores & les noctiluques descend dans un détail qui passe les bornes de cet écrit ; ainsi on ne fera qu'effleurer la matiere , seulement pour en donner une idée , & afin d'avoir occasion d'y appliquer comme aux couleurs son hypothèse sur la lumiere.

Je prends ici les deux termes de phosphores & de noctiluques pour synonymes, quoique le dernier ait été donné, ce me semble, aux vers luisans & aux feux aériens, plutôt qu'à aucune autre espece de phosphore. On entend par phosphore un corps ou une matiere qui brûle, ou qui devient lumineuse sans qu'elle ait besoin d'approcher d'aucun feu sensible.

75. Il y a des phosphores naturels, & des phosphores artificiels.

Les phosphores naturels sont ceux qui sans l'aide de l'art, & en de certains tems, deviennent lumineux sans brûler; car ils ont cela de particulier qu'ils ne luisent pas toujours & qu'ils n'ont aucune chaleur sensible. Tels sont les vers luisans, certaines mouches, certaines chenilles, & quelques autres insectes dans les pays fort chauds... Certains bois pourris, les yeux, les poils, les arêtes, les écailles, la chair & les plumes de plusieurs animaux sont lumineuses en de certains tems, & dans de certaines circonstances. La langue de la Vipere paroît toute en feu lorsque cet animal est irrité & qu'il la pousse dehors avec une extrême vitesse.

76. Il y a de matieres qui ne sont lumineuses que dans le moment qu'elles sont frottées ou agitées. Le diamant frotté contre l'or donne une lumiere qui n'est pas moins vive que celle d'un charbon fortement excitée par le soufflé; l'or, l'argent, le cuivre frottés contre le cuivre en donnent, mais beaucoup moins.... Il y a des noctiluques, qui consistent en des exhalaisons sulfureuses qui s'élèvent & qui s'enflamment dans l'air... Il me semble que les phénomènes qui ont paru cette année (1717) ont plus de rapport à la lumiere qu'on découvrit, il y a plus de 30 ans autour du corps du Soleil, qu'à des simples exhalaisons. (M. de Mairan a parlé plus au long de cette lumiere dans son traité de l'aurore boréale; la lumiere que l'on appelle zodiacale n'en est qu'une extension, & la lumiere zodiacale, selon M. de Mairan est la cause de cette lumiere qui a coutume de paroître après le coucher du Soleil du côté du Nord, & que l'on appelle pour cette raison

aurore



aurore boreale ; comme ce dernier phénomène est accompagné d'un grand nombre de circonstances remarquables & même frappantes , M. de Mairan la traité dans l'ouvrage qu'on vient de citer , avec toute l'étendue que l'on peut désirer ; c'est aussi celui auquel on s'arrêtera le plus.)

77. Les phosphores artificiels sont des matières qui deviennent lumineuses par le moyen de quelques préparations chimiques. Il y en a de brulans & lumineux tout ensemble , & d'autres qui ne sont que lumineux.

78. La cause immédiate de la lumière des phosphores & des noctiluques , n'est autre chose que ce qui met leurs sulfures en mouvement. Le soufre est déjà le principe actif , & la source du mouvement intérieur des mixtes ; mais la pesanteur & la grossièreté des autres principes qui composent les mixtes , la tenacité & la cohésion que ces principes ont entr'eux , émoussent son activité plus ou moins , selon qu'ils s'y trouvent différemment combinés. Il y a de matières où il suffit qu'aucun agent extérieur ne fasse obstacle à l'agitation naturelle du soufre & à celle qu'il communique aux autres principes pour qu'il se dégage peu à peu.... De ce nombre sont la chair de plusieurs animaux , la pellicule qui couvre l'écaille de certains poissons testacées , les exhalaisons qui s'élèvent dans l'air &c. & toutes ces matières se changent d'autant plus vite en phosphores que leurs principes sont moins fortement liés entr'eux. Dans certains animaux , la circulation du suc nourricier , l'agitation des esprits & la transpiration produisent un effet semblable à celui de la fermentation , sur une partie du soufre qu'ils contiennent , & sont cause qu'il se ramasse dans des vésicules ou qu'il se filtre dans des glandes dont la texture a toutes les qualités nécessaires pour l'épurer , d'où il s'échappe ensuite en partie par la grande abondance qu'il y en a & par l'extrême agitation qu'il y conserve. Il y a apparence que les vers lumineux & tous les animaux qui donnent quelque lumière étant en vie ne sont devenus lumineux que par ce moyen. Il y a de phospho-

res où la matiere de la lumiere se trouve toujours toute preparée; mais elle y est si foible & si rare, qu'elle ne sçauroit devenir sensible, si l'on écarte soigneusement d'autour d'elle tout ce qui pourroit en interrompre le mouvement & la propagation. Telle est la lumiere que donne quelque fois le baromètre fortement secoué dans l'obscurité.... Pour avoir un semblable phosphore, il faut que le mercure soit purgé de plomb, de l'air, & de toutes les impuretés qu'il contient.... Ce n'est pas seulement l'air grossier qui fait obstacle à la propagation de la lumiere du mercure; un autre air plus subtil qui tient une espece de milieu entre l'air proprement dit & la matiere étherée, & qui entre & sort par les porés du verre peut encore interrompre ou éteindre le mouvement des corpuscules lumineux.

79. Enfin il y a de matieres où les sourses ont besoin d'être excités par le frottement, comme dans le diamant & dans les métaux; ou d'être excités, dégagés & augmentés par le feu & la calcination, comme dans la plupart des phosphores artificiels.

80. Il faut observer que le degré de mouvement qui met les sourses en état de repandre la lumiere est renfermé dans de certaines limites, hors desquelles ils n'ont plus cette propriété; & que le mouvement qui passeroit au-delà, n'y seroit pas moins contraire que celui qui demeureroit au-dessous. Une agitation trop violente dissiperoit trop promptement les sourses, ou les reduiroit en des corpuscules si petits, que leur choc ne seroit pas sensible sur l'organe de la vûe.

81. Pour comprendre comment les corpuscules qui s'échappent du sours, sont d'autant plus petits, que l'agitation est plus grande, il faut sçavoir que dans une matiere dont toutes les parties sont violemment agitées & portées çà & là selon toute sorte de directions, il n'est pas possible qu'elles ne se choquent continuellement, & ne se causent un obstacle mutuel à leurs divers changemens. C'est pourquoi plusieurs petits amas de cette matiere, pour rem-

plir toute leur activité se doivent recourber sur eux-mêmes, tourner autour d'un centre & former une infinité de globules. Or ces globules doivent être d'autant plus petits que l'agitation est plus grande; car tel amas de matiere qui ne peut remplir toute son activité en tournant autour d'un seul centre, ou en formant un seul globule, se subdivise en plusieurs autres plus petits, & ainsi de suite à l'infini, jusqu'à ce que toute la portion de matiere soit en état de remplir sa vitesse & sa quantité de mouvement.

82. De toutes ces observations sur la matiere de la lumiere, sur son activité, sur la grosseur & sur la figure des corpuscules qui la composent, je conclus que la lumiere des phosphores & des noctiluques est produite par un mouvement de leurs soulfres, assez grand pour degager ces soulfres des matieres éthérogenes qui les embarquent & pour les faire élaner à la ronde, mais renfermé néanmoins dans de telles bornes qu'il ne les dissipe pas trop promptement, & qu'il ne les réduise qu'en des globules d'une grosseur suffisante pour agir sensiblement sur l'organe. Les causes les plus ordinaires de ce mouvement, sont comme nous l'avons vû, la fermentation, l'agitation extérieure, le frottement & le feu.

### *L'Aurore Boréale*

83. L'Aurore boréale selon la définition qu'en donne M. de Mairan, *Traité de l'Aurore boréale*, est un phénomène lumineux, ainsi nommé, parce qu'il a coutume de paroître du côté du Nord, ou de la partie boréale du Ciel, & que sa lumiere, lorsqu'elle est proche de l'horizon, ressemble à celle du point du jour ou à l'aurore. Elle est décrite plus particulièrement avec toutes ses circonstances dans le troisième chapitre de la section troisième. L'Aurore boréale, comme nous venons de voir, est presque toujours placée du côté du Nord; mais rarement y est-elle de façon que son milieu reponde exactement au-

deffous du pole , plus rarement encore ce milieu se trouve-t-il du côté de l'Orient , & le phénomène , à en prendre toute la masse , décline pour l'ordinaire de 10 à 12 , & quelque fois de 15 à 20 degrés vers le couchant , sur tout lorsqu'il commence de se montrer.

84. Le commencement du phénomène arrive communément deux , trois ou quatre heures tout au plus après le coucher du Soleil , c'est-à-dire , qu'il arrive presque toujours le soir , & jamais que je sçache le matin après minuit , lorsque les nuits sont un peu longues. Les grandes Aurores boréales commencent ordinairement de bonne heure , peu de tems après la fin du crépuscule , & quelque fois auparavant. D'abord c'est une espece de brouillard assez obscur , que l'on apperçoit vers le Septentrion , avec un peu plus de clarté vers l'Ouest que dans le reste du Ciel , c'est-à-dire , plus qu'il ne convient qu'il y en ait , par rapport à l'heure du crépuscule , s'il est encore sur l'horison...

85. Le brouillard septentrional se range communément sous la forme à peu près d'un segment de cercle étendu sur l'horison , ou dont l'horison fait la corde. La partie visible de sa circonférence se trouve bientôt bordée d'une lumière blancheâtre , d'où résulte un arc lumineux , ou plusieurs arcs concentriques , lorsque le premier est bordé lui-même d'une partie de cette matiere obscure de l'interieur du segment , & que celle-ci l'est à son tour d'une matiere lumineuse ; & ainsi de suite jusqu'à deux ou trois.

86. Après cela viennent les jets & les rayons de lumière diversement colorés , qui partent de l'arc , ou plutôt du segment obscur & fumeux , où il se fait presque toujours quelque breche éclairée , de laquelle ces rayons paroissent sortir.

87. On apperçoit alors quand le phénomène augmente , & qu'il doit se répandre au loin , un mouvement général , & une espece de trouble dans toute sa masse , tant à cause des breches fréquentes qui se forment & qui se détruisent successivement dans le segment obscur & dans l'arc , que par les vibrations de la lumière & des éclairs qui viennent



frapper de-là par secouffes toutes les parties & tous les flocons de la même matiere enflammée, ou non enflammée, qui se trouvent dans l'hémisphère visible du Ciel.

88. Ce n'est jamais qu'après cet incendie, & par une grande extension de la matiere boréale, qu'on a vû la Couronne au Zénit, ce point de réunion où tous les mouvemens d'alentour paroissent concourir, & qui fait comme la clef de la voute, la lanterne d'une coupole, ou comme quelques uns l'ont exprimée, le sommet d'un pavillon ou d'une tente.

89. C'est là le moment de la plus grande magnificence du phénomène, tant par la variété des objets, que par la beauté des couleurs dont quelques uns d'entr'eux se trouvent peints.

90. Il n'a plus après cela pour l'ordinaire qu'à diminuer, qu'à se calmer & à s'éteindre, non sans ressource à la vérité, & sans de reprises qui renouvellent quelque fois à peu près tout ce qu'on avoit vû auparavant; les jets de lumiere, les éclairs, la couronne & les couleurs plus ou moins vives, tantôt d'un côté du Ciel. & tantôt de l'autre; mais enfin le mouvement cesse, la lumiere se rapproche de plus en plus de l'horison, elle quitte les parties méridionales du Ciel, celles de l'Orient & celles de l'Occident, pour passer & s'arrêter du côté du Nord, qui en demeure seul chargé; le segment obscur se dissipe, il devient lumineux; c'est d'abord une clarté assez dense près de l'horison, plus rare à quelques degrés au-dessus, & qui se perd insensiblement dans le Ciel; qui diminue quelque fois avec rapidité & quelque fois avec lenteur, & qu'on voit enfin s'éteindre totalement, si elle ne se joint au crepuscule du matin. Car c'est ainsi que finissent la plupart des grandes aurores boréales, & il reste du moins presque toujours après elles une impression de clarté sur l'horison du côté du Nord, qui n'est effacée que par les approches du jour.

91. M. de Mairan fait mention de trois opinions touchant les causes physiques de l'Aurore boréale. La première

re qui est l'opinion commune attribue ce phénomène aux vapeurs & aux exhalaisons de la terre. Dans la seconde on suppose que les glaces & les neiges de la Zone polaire réfléchissent les rayons du Soleil & sa lumière vers la surface concave des couches supérieures de l'atmosphère, d'où elle est ensuite renvoyée vers nous, & qu'elles produisent par là les apparences de l'Aurore boréale. La troisième opinion rapporte la cause & la formation de l'Aurore boréale à la matière magnétique qui sort du pôle de la terre, ou qui circule autour de lui, en tant qu'elle nous réfléchit la lumière étant portée à la hauteur où se forme le phénomène, ou bien parce qu'elle pousse vers le pôle des matières terrestres & sulfureuses.

92. M. Muschembroek qui suit la première de ces opinions, croit que la matière de l'Aurore boréale tire son origine de quelque région septentrionale de la terre, d'où elle s'élève & s'évapore dans l'air.... où elle forme une ou plusieurs nuées qui se dispersent & vont se rendre en différents pays; ces nuées ne se mettent en feu que lorsqu'elles rencontrent quelque autre matière avec laquelle elles commencent à fermenter, à s'échauffer, à s'allumer.... Si donc il vient à souffler quelque vent du Nord dans la région supérieure de l'atmosphère, & que la nuée qui est composée de la matière lumineuse soit emportée par ce vent qui la fasse passer du Nord qui est le lieu de son origine vers quelque autre région, & qu'elle rencontre en son chemin quelques autres exhalaisons dispersées dans l'air, avec lesquelles elle puisse fermenter, alors cette partie de la nuée qui rencontrera les exhalaisons prendra d'abord feu & s'allumera. Si l'on suppose que cette partie de la nuée qui prend feu soit méridionale, & que le spectateur se trouve placé plus au midi que la nuée, il pourra alors la voir brûler, & elle fera même au Nord à son égard; de sorte que cette lumière sera dans ce cas à son égard une Aurore boréale. Mais la nuée & les autres exhalaisons de l'air ne peuvent prendre feu avant qu'elles soient un peu mêlées ensemble. Or comme la nuée qui vient du Nord,

& qui forme une étendue considérable rencontre plus de résistance du côté du Septentrion, qui est le seul endroit où se fait le mélange, la matiere qui s'est allumée devra être poussée du Nord au Sud, & elle pourra recevoir différentes directions en se portant tantôt perpendiculairement en enhaut, tantôt en ligne parallele à l'horison, tantôt en enbas, de sorte que les colonnes lumineuses qui en sortiront pourront suivre toutes ces directions.

93. Comme il se trouve une grande différence dans les exhalaisons qui montent de la terre dans l'air, elles doivent produire diverses sortes de couleurs lorsqu'elles viennent à se mêler avec la nuée lumineuse, de sorte que les colonnes qui en partent, paroîtront tantôt blanches, tantôt couleur de rose &c. Ces nuées lumineuses ne sont pas peut-être toutes de même nature; de sorte qu'il y aura aussi différentes sortes de lumieres septentrionales; quelques unes de ces lumieres ne darderont point de colonnes, les autres seront plus ardentes & il en sortira de colonnes; si ce n'est que cela dépendît des diverses exhalaisons qui se rencontrent dans l'air & qui produiront alors des effervescences plus ou moins violentes.

94. Lorsque ce vent qui souffle au-dessous de la nuée lumineuse en emporte une partie, on voit cette partie rouler dans l'air en maniere d'ondes qui répandent de la lumiere lorsqu'elles descendent, mais qui n'en donnent point lorsqu'elles montent; c'est de-là qu'est produit ce plaisant phénomène que l'on voit briller dans l'air, & auquel on donne le nom de *Chevre d'asante*, car on ne le voit paroître que lorsqu'il vente fort & il se manifeste toujours avec le vent.

Comme les colonnes qui sortent de la nuée lumineuse ne sont que des parties qui se détachent, il s'en forme, lorsqu'elles sortent en assez grand nombre, de petits nuages qui flottent vers le Sud, & qui peuvent encore s'allumer dans la suite, parce que toutes leurs parties ne fermentent point en même tems, de sorte qu'esi en continuant leur route elles rencontrent des nouvelles exhalaisons, il

se fera une nouvelle fermentation à l'aide des parties qui n'avoient point été allumées, & voilà comment ce même phénomène peut paroître diverses fois en d'autres endroits, & même sans que ces nuages changent de place dans l'air, pourvû seulement qu'ils reçoivent des nouvelles exhalaisons. Je crois avoir vû tout cela fort distinctement sur notre Observatoire d'Utrecht où j'étois accompagné de plusieurs autres spectateurs qui ont aussi été témoins de ce qui se passoit alors, ce qui ne m'a pas peu confirmé dans mon sentiment.

95. Comme les nuées qui forment l'Aurore boreale se manifestent au Nord à notre égard, elles peuvent être poussées par un vent dans notre atmosphere vers l'Est, le Sud, ou l'Ouest où nous pourrions les voir, de sorte que nous devons alors leur donner les noms d'Aurores orientale, occidentale & méridionale. Je crois avoir apperçû deux de ces lumieres méridionales en 1738.

96. M. de Mairan fait plusieurs difficultés contre chacune des trois hypothéses dont on vient de parler ; parmi ces difficultés il y en a de générales qui sont communes aux trois hypothéses, & il y en a de particulieres. On proposera d'abord celles qui attaquent l'opinion qui donne les exhalaisons terrestres pour la matiere de l'Aurore boreale ; suivront celles qui regardent l'hypothése des glaces viendront enfin celles qui combattent le sentiment que la matiere magnetique fait paroître le phénomène en question.

97. 1°. Les exhalaisons & les vapeurs dont se forment les phénomènes aériens qui donnent de la lumiere, comme le tonnerre, les feux, folets, l'iris, les parhélies, les couronnes, l'arc-en-ciel &c. ne montent gueres qu'à une ou à deux lieues au-dessus de la terre & ne passent point la region des nuées ; mais l'Aurore boreale est incomparablement plus haute ; les observations lui donnent depuis 200 jusqu'à 300 lieues de hauteur. Si pour prouver que les exhalaisons peuvent devenir la matiere de l'Aurore boreale, on allegue qu'on a vû des feux volans qu'on a



jugés à 13 ou à 14 lieues au-dessus de la terre. On répond 1°. que cette hauteur n'est point assez constatée. 2°. Quand même elle seroit certaine, il faudroit que la matière de l'Aurore boréale pour s'élever si prodigieusement au-dessus de ces feux, fût infiniment plus rare & plus légère que la leur. 3°. Si les météores dont il s'agit sont aussi élevés qu'on les fait, il n'est pas impossible qu'ils tiennent à quelque cause fort approchante de celle de l'Aurore boréale, mais différente des exhalaisons sulphureuses qui s'élèvent de la terre. C'est le sentiment d'un sçavant Astronome Anglois ( M. Halley ) qui après avoir calculé avec soin la hauteur, la vitesse & la grandeur des feux volans, & trouvé qu'ils pouvoient être en effet 13 à 14 lieues au-dessus de la terre, n'a pû se résoudre à les mettre au nombre des météores ordinaires.

98. 2°. Il y a trop de variation dans l'Aurore boréale & trop d'uniformité ou trop peu de variation dans les météores, pour que tous ces phénomènes partent d'un même principe; ce n'est toujours que plus ou moins de pluie ou de sécheresse, plus ou moins de tonnerres & d'éclairs, d'arc-en-ciels & de parhélies: mais des siècles entiers se passent où à peine voit-on trois ou quatre fois l'Aurore boréale, & après cela il y a un tems où elles paroissent 20 & 30 fois dans une seule année, & même 10 à 11 fois dans l'espace de 13 jours.

99. 3°. Si les vapeurs & les exhalaisons terrestres sont la matière de l'Aurore boréale, par quelle tendance particulière se jetteroient-elles toujours vers le Nord comme à leur foyer ou pourquoi en partiroient-elles comme de leur source? Pourquoi ne voit-on l'arc lumineux & le segment obscur que sous le Pole? De tels amas fortuits ne devroient-ils pas se dissiper au gré des vents, tantôt d'un côté & tantôt de l'autre? Ce n'est pas assurément que les terres de la Zone polaire renferment plus de matières grasses inflammables & bitumineuses que celles qui sont dans notre Zone tempérée & dans la Zone torride: les tonnerres, les tremblemens de terre, les éruptions des volcans, les lacs

de bitume & d'asphalte , & tous les feux aëriens qui en font des suites & qui font infinimens plus fréquens dans celle-ci que dans la Zone glaciale nous doivent persuader tout le contraire.

100. 4°. Tous ces météores, le tonnerre , les éclairs, les feux follets , les étoiles coulantes , & en général tous les effets qui proviennent des exhalaisons terrestres, sulphureuses & inflammables sont plus fréquens en Été qu'en Hyver. Ce qui est encore tout le contraire des Aurores boréales.

101. L'hypothèse des glaces ne renferme pas de moindres difficultés. 1°. La lumière réfléchie par les glaces vers les couches supérieures de l'air , ne sçauroit nous être renvoyée de plus haut que la lumière du crépuscule , laquelle ne nous vient que de 15 ou 20 lieues au-dessus de la terre. 2°. L'Aurore boréale deviendrait un vrai crépuscule & par là un phénomène ordinaire du soir & du matin; la hauteur de l'arc lumineux devrait croître & décroître régulièrement dans les quatre saisons de l'année avec la déclinaison du Soleil ; il devrait être fort haut en Été à cause de l'incidence des rayons , pour lors moins oblique , & par une raison contraire fort bas en Hiver. 3°. Il ne devrait point y avoir d'Aurores boréales en Été ; il y en a cependant quoiqu'elles soient plus rares en cette saison qu'en Hiver. 4°. Comme les rayons rompus & réfléchis feroient toujours & plus forts & en plus grande quantité vers les couches les plus basses de l'atmosphère que vers les plus hautes , la partie la moins élevée de l'Aurore boréale & la plus proche de l'horison seroit toujours celle qui nous devroit paroître de beaucoup la plus lumineuse étant vûe de la Zone tempérée ; mais c'est justement au contraire dans la plupart des Aurores boréales , l'endroit le moins éclairé est celui-là même qui est occupé par le segment obscur. 5°. Tous les phénomènes particuliers qui accompagnent l'Aurore boréale , ces flocons de matière répandus dans tout le Ciel jusqu'au Zenit , ces jets de lumière , ces arcs & ces chevrons colorés vûs quelque fois

du côté du midi, ces éclairs, ces vibrations de lumière & mille marques visibles d'embrasement font autant de circonstances incompatibles avec l'hypothèse qui attribue l'Aurore boréale aux glaces & aux neiges de la Zone polaire en ce qu'elles peuvent réfléchir la lumière vers les couches de l'atmosphère terrestre.

102. La matière magnétique qui sort du pôle de la terre ne peut point non plus servir à l'Aurore boréale & en faire le principal sujet. Car comment la matière magnétique jusqu'ici invisible, & plus subtile peut-être que la lumière même, plus capable du moins de passer librement à travers les substances les plus ferrées, telles que l'or, devient visible & nous réfléchit la lumière, étant portée à deux ou à trois cent lieues? Si on dit que la matière magnétique ne produit cet effet que par le secours des matières terrestres & sulfureuses qu'elle pousse vers le pôle, on demandera comment les exhalaisons & les vapeurs perdent par cette impulsion leur poids ordinaire, & montent au centuple de la hauteur où elles ont coutume de s'arrêter dans l'atmosphère.

*Explication sommaire de l'Aurore boréale dans le sentiment de M. de Mairan.*

103. Le phénomène de l'Aurore boréale se passe dans l'air & cependant la terre n'en fournit point les matières. M. de Mairan est dans le sentiment que la lumière zodiacale en est la véritable cause. Sur quoi on remarquera que la hauteur de deux ou de trois cents lieues ou ce phénomène se manifeste n'excede point les limites de l'atmosphère terrestre. Il est vrai qu'on ne lui donne ordinairement que 20 lieues de hauteur, mais on la déduit de la durée du crépuscule ou du baromètre : or ces deux moyens nous font seulement connoître la distance des dernières couches qui sont encore assez denses pour nous réfléchir la lumière, mais ils ne sçauroient nous rien apprendre de l'air ou de tel autre fluide qui est au-delà, qui ne nous re-

fléchit plus une semblable lumière, quoique d'ailleurs capable de produire une infinité d'autres effets sensibles. Rien ne sçauroit assigner des bornes à la hauteur de l'air considéré comme un fluide quelconque qui enveloppe la terre & qui participe à son mouvement. Cela posé, entrons en matiere.

104. La lumière zodiacale est une clarté ou une blancheur souvent assez semblable à celle de la voye lactée que l'on apperçoit dans le Ciel, en certains tems de l'année après le coucher du Soleil, ou avant son lever, en forme de lance ou de pyramide le long du zodiaque où elle est toujours renfermée par sa pointe, & par son axe, appuyée obliquement sur l'horison par sa base, découverte, décrite & ainsi nommée par feu M. Cassini.

105, La lumière zodiacale n'est autre chose que l'atmosphère solaire, qu'un fluide ou une matiere rare & tenue lumineuse par elle-même ou seulement éclairée par les rayons du Soleil, laquelle environne le globe de cet astre, mais qui est en plus grande abondance & plus étendue autour de son équateur que par tout ailleurs. ( L'atmosphère solaire paroît sous la forme de lance ou de pyramide, parce qu'étant aplatie comme une lentille, on la voit par le côté tranchant, coupée par l'horison en deux parties dont l'une est au-dessus & l'autre au-dessous. )

106. La lumière zodiacale est plus ou moins visible selon que les circonstances nécessaires pour son apparition sont plus ou moins favorables; quand ces circonstances manquent jusqu'à un certain point elle ne paroît point du tout. L'atmosphère solaire ne s'est donc point toujours manifestée par la lumière zodiacale, mais elle a toujours été apperçûe autour du globe du Soleil dans ses éclipses totales, pendant qu'il a été caché par celui de la Lune.

107. Une des circonstances des plus essentielles à l'apparition de l'atmosphère solaire dans la lumière zodiacale, c'est qu'elle ait une étendue ou une longueur suffisante sur le zodiaque; car sans cela sa clarté nous est entièrement derobée par celle du crépuscule soit avant le lever du So-



leil , soit après son coucher. La longueur de la lumière zodiacale varie quelque fois réellement , & quelque fois seulement en apparence : la lumière zodiacale pourroit donc quelque fois être fort étendue , & le paroître peu par des circonstances extérieures & passagères ; mais elle ne sçauroit paroître fort étendue sans l'être en effet , n'y ayant aucune illusion optique qui puisse produire cette apparence.

108. Il est certain comme on le démontre par un grand nombre d'observations qui ne sont pas équivoques , que l'atmosphère du Soleil , vûe en qualité de lumière zodiacale , atteint quelque fois jusqu'à l'orbite de la terre. ( *Fig. 119.* ) ST est le demi diamètre de l'orbite de la terre , ET en est une portion , SI est l'étendue ou la longueur de la lumière zodiacale , le Soleil étant en S & la terre en T , l'angle STI qu'elle soutend excède quelque fois l'angle droit & va jusqu'à 100 degrés : ainsi tant que la longueur SI est la base d'un angle droit STG , ou d'un angle obtus STI ; il est certain que non-seulement la lumière zodiacale arrive jusqu'à la terre , mais qu'elle s'étend encore au-delà à une plus grande distance du Soleil.

119. Mais quand même cette lumière ne parviendroit pas visiblement comme elle fait jusqu'à l'orbite de la terre , & que l'angle STD sous lequel on voit sa longueur SD seroit aigu , elle pourroit néanmoins atteindre encore jusqu'à l'atmosphère qui environne la terre & y tomber de fort loin , comme de plusieurs milliers de lieues & y former l'Aurore boréale. La preuve que M. de Mairan en donne se tire de la loi de la force centrale. Tout corps céleste circule autour d'un centre où il tend , ou vers lequel il est poussé. La tendance à s'écarter du centre est l'effet de la force centrifuge , force qui est toujours opposée à la force centrale qu'elle balance. La force centrale s'exerce en raison renversée des quarrés des distances au centre de la circulation ; ainsi elle diminue à mesure que les distances augmentent. Supposons donc que la matie-

re de la lumière zodiacale s'éloigne tellement du Soleil ; & s'approche si fort de la terre que sa force centrale ou sa pesanteur vers cet astre étant extrêmement affoiblie , elle ne refuse point d'entrer dans le tourbillon terrestre qui la rencontre durant le mouvement annuel , & de tourner avec le fluide qui le compose ; pour lors la matière zodiacale cessant de tourner immédiatement autour du Soleil , elle aura sa tendance vers le centre de la terre ou pefera vers ce centre. Mais auparavant qu'elle arrive à l'endroit du tourbillon terrestre où elle soit déterminée à y circuler , elle parvient à une distance où les forces centrales vers le Soleil & vers la terre sont en équilibre , & où elle n'est pas plus poussée vers un centre que vers l'autre : or suivant le calcul de M. de Mairan la limite *L* ou le lieu de l'équilibre est distant du centre *T* de la terre de soixante mille lieues. Donc au défaut de l'observation on pourroit supposer que la matière de l'atmosphère solaire tombe de cette distance dans le tourbillon de la terre ; mais il est certain par l'observation qu'elle y tombe.

110. Supposons donc que cette matière entre dans le tourbillon terrestre , & qu'elle tombe de-là dans notre atmosphère où elle rencontre les couches supérieures de notre air , elle doit être repoussée par les parties de cet air qui ont le plus de mouvement & rejaillir vers celles qui en ont le moins , c'est-à-dire , de l'équateur vers les poles , car elle n'a nulle force centrifuge , du moins par rapport à l'axe de la terre , tandis qu'elle est rencontrée & heurtée par un fluide qui participe à toute la rotation qui se fait autour de cet axe. Ce fluide tendra donc à l'écarter en ce sens , c'est-à-dire vers les parties qui ont le moins de mouvement , & par conséquent elle passera en partie à côté des endroits où la rotation est plus grande , & elle s'assemblera en plus grande quantité aux endroits où elle est moindre , c'est-à-dire vers les poles. La grossièreté de l'air qui couvre les poles & les régions polaires doit encore favoriser l'amas qui s'y fait de la matière zodiacale , l'y retenir & la rendre plus visible pour nous. L'Aurore bo-

réale doit donc être plus visible du côté du pôle que vers l'équateur.

III. Et comme il n'y a point d'apparence que cette matiere ou cet air solaire, non plus que le nôtre, soit si parfaitement homogène, qu'il n'y ait aucune différence de figure, de grosseur, de contexture, & de poids dans les parties qui le composent, il doit descendre plus ou moins dans l'atmosphère terrestre à raison du différent poids de ces parties, & s'y assembler sur des couches de différente hauteur. Les couches les plus basses & le plus près de nous seront chargées des parties les plus grossieres & le moins inflammables, lesquelles formeront cette espèce de calote, dont une partie & les bords étant apperçus de la Zone tempérée y prendront l'apparence d'un nuage, d'un brouillard, d'un amas de fumée grisâtre, dont résultera un segment circulaire obscur, plus ou moins élevé par son sommet, & d'une amplitude plus ou moins grande selon l'étendue réelle de l'amas, & selon la latitude du lieu où il est vû.

II 2. Des parties de l'atmosphère solaire plus legeres plus inflammables, & déjà enflammées, étant couchées sur ce segment obscur, dont l'horison sensible fait la corde, & y débordant de tous côtés, nous feront paroître cet arc lumineux ou ce limbe qui termine le segment obscur. Une matiere plus tenue qui tombera sur celle-ci, ou qui se fera enflammée avant que d'arriver à sa superficie, y produira encore l'apparence d'un second arc lumineux concentrique au premier, & ainsi de suite jusqu'à un troisieme qui est presque toujours le dernier. Si dans cette chute de la matiere solaire sur celle qui occupe le lieu le plus bas, il y en a encore d'assez grossiere & d'assez pesante pour arriver uniformement de tous côtés jusqu'à cette dernière, & pour se joindre au segment obscur, elle en augmentera l'étendue tant réelle qu'apparente, c'est-à-dire sa hauteur & son amplitude sur l'horison, pour le spectateur qui le regarde de la Zone tempérée, ainsi qu'on le voit arriver dans la plûpart des grandes Aurores boréa-

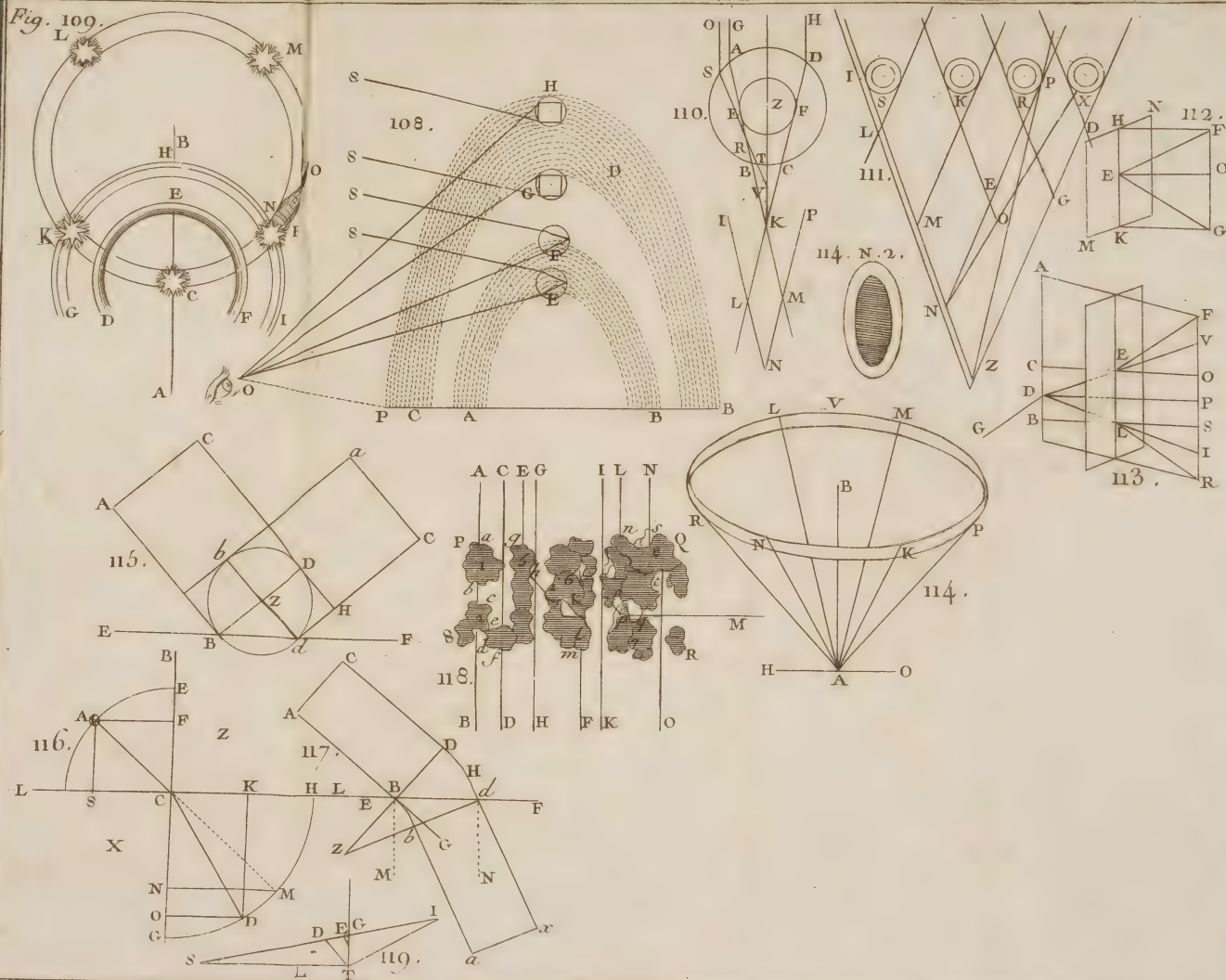
les au commencement de leur formation ; après quoi le segment obscur & l'arc lumineux demeurent quelque fois & pendant assez long tems de la même grandeur.

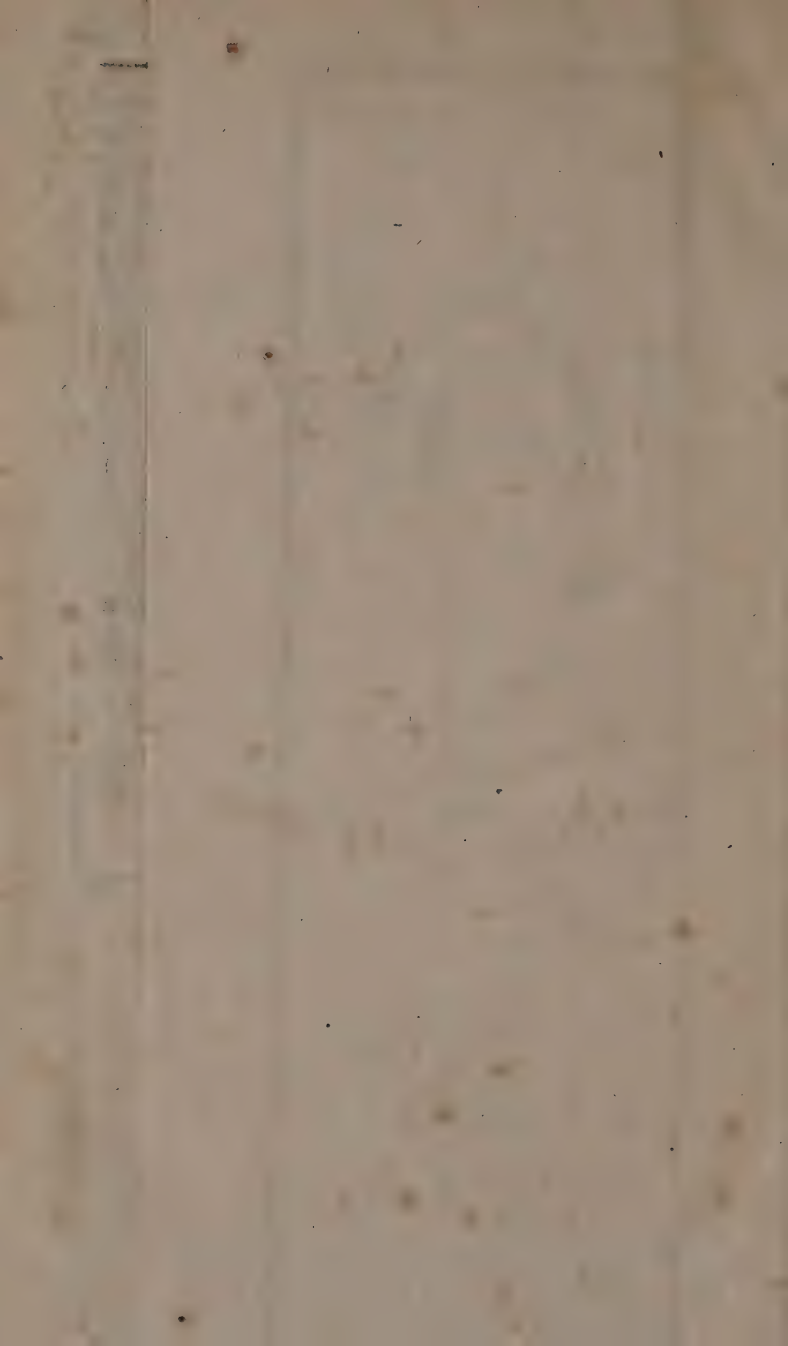
113. Que si, au lieu de tomber uniformément, cette matiere la plus grossiere n'arrive jusqu'au segment obscur que par flocons séparés & par colonnes, elle interrompra l'arc ou le limbe éclairé par des intervalles obscurs, plus ou moins grands, & plus ou moins regulierement semés selon la distribution fortuite qui s'en fera, & qui dans le cas d'un peu de regularité, & de l'égalité des intervalles produira l'apparence d'une bande crenelée.

114. Enfin s'il vient à tomber sur ces creneaux une matiere plus legere non encore enflammée & qui soit étendue uniformément, elle y pourra faire paroître un arc obscur qui terminera la bande crenelée concentrique au segment. Du reste ce qu'il y a de plus ordinaire dans les grandes Aurores boréales c'est que le segment obscur soit terminé par un arc ou limbe éclairé d'un blanc qui tire foiblement sur le jaune orangé à ses extrémités, & sur le verd celadon auprès du segment. Les jets de lumiere qui s'élèvent du segment obscur & de l'arc peuvent être de deux especes différentes : les premiers consisteront en des trainées oblongues & à peu près verticales de la matiere du phénomène, visible par elle-même dans le tems de son inflammation, ou devenue telle par une lumiere étrangere qui la frappe & qu'elle refléchit vers nous, les seconds ne résulteront que d'une semblable refléxion de la lumiere qui part des breches du segment obscur ou de l'arc, & qui vient darder contre la matiere boréale indistinctement répandue autour du segment obscur. Les jets de la premiere espece qu'on peut appeller *colonnes* peuvent donc se montrer par leur propre lumiere ou par celle qu'elles refléchissent & souvent par l'une & par l'autre ; ceux de la seconde appellés *rayons* ne seront jamais que l'effet d'une lumiere refléchie. Les trainées qui produisent des colonnes viennent de ce que la matiere solaire ne se mêlant pas par tout uniformément ne tombe dans notre atmosphere que par pelotons. Les



Fig. 109.





115. Les éclairs ont cela de particulier qu'ils font l'effet d'une lumière ordinairement plus subite & moins soutenue que celle des rayons, parce qu'ils résultent d'une inflammation plus isolée, & qui n'ayant point à gagner de proche en proche ne peut se communiquer que par sauts & par reprises aux pelotons de matière séparés de celui qui produit l'éclair actuel. S'il arrive pourtant par la distribution accidentelle de ces flocons, & de leur inflammation successive, que les éclairs deviennent plus fréquens & se suivent à intervalles de tems à peu près égaux, pour les distinguer des éclairs on les appellera des vibrations de lumière, uniquement à cause de leur fréquence & de la régularité de leurs retours.

116. Quant à cette espèce de fumée qui se mêle indistinctement avec toutes les parties du phénomène, elle est une suite de la grande abondance de la matière zodiacale tombée dans notre atmosphère, car il y en a presque toujours une partie qui n'est pas encore enflammée qui ne s'enflammera que tard, ou même qui ne s'enflammera jamais. Aussi ne remarque-t-on gueres cette fumée éparse & mêlée avec les parties lumineuses, que dans les grandes Aurores boréales où tout le Ciel semble rempli de la matière du phénomène. C'est cette fumée qui a été sans doute la source de ces allarmes d'incendie que l'Aurore boréale a causées dans tous les tems après quelque longue interruption.

117. Le mouvement général que l'on apperçoit alors dans le phénomène est plus apparent que réel. M. de Mai-ran conclut après en avoir examiné les causes, que la plupart de ces mouvemens qu'on dit avoir observé dans les parties de l'Aurore boréale, ne sont que des nouveaux corps de lumière qui rendent visible les objets qui ne l'étoient pas auparavant avec plus ou moins de vitesse de soudaineté ou de gradation.

118. La couronne de l'Aurore boréale est un objet purement optique. Supposons que la matière du phénomène tombe par pelotons de la superficie de notre atmosphère

re, & qu'il s'en forme une infinité de trainées ou de colonnes perpendiculaires, ou à peu près, à la surface de la terre, les unes déjà enflammées & visibles par elles-mêmes, les autres frappées seulement de la lumière que produisent les inflammations qui se font tout autour, il est clair que les colonnes qui sont le plus près du Zenit étant imaginées rangées circulairement y produiront l'apparence d'un trou d'un entonnoir renversé, ou du sommet d'un pavillon, ou enfin d'une couronne, si l'œil du spectateur les projette sur la superficie concave du Ciel.

119. A l'égard des couleurs de l'Aurore boréale, on remarquera que si la matiere de l'Aurore boréale étoit aussi rare ou aussi peu dense que la matiere zodiacale, la lumière qui nous la rend visible viendroit à nous dans les mêmes circonstances que la lumière du Soleil ou que ses rayons directs, c'est-à-dire que nous la recevriions comme venant de l'éther & elle conserveroit sa couleur blanche; mais la matiere de l'Aurore boréale est plus dense que la matiere zodiacale avant qu'elle entre dans notre atmosphere; deux causes concourent à en augmenter la densité. 1°. Le long tems qu'elle met à s'assembler dans notre atmosphere. 2°. Le nouveau poids qu'elle acquiert en s'approchant du centre de la terre, car ce poids augmente d'autant plus que le quarré de la distance diminue: or la densité croît en même raison que le poids. Cela posé, il faut considérer les rayons de la lumière qui nous fait voir la matiere de l'Aurore boréale, comme partant des couches supérieures de l'atmosphere où ils se filtrent, pour ainsi dire dès leur naissance, à travers des amas de la même matiere, mais de différente densité entr'eux, enflammés dans un endroit & non enflammés dans l'autre: ainsi la divergence qui naît de l'étherogeneité des parties de la lumière, de leur différente refrangibilité, ou ce qui est la même chose de leurs différentes vitesses peut se rendre sensible de même que dans l'expérience du prisme, ou plus particulièrement comme il arrive quelque fois aux rayons du Soleil à l'occasion des vapeurs ou des



nuages qui se trouvent près de l'horison à son lever & à son coucher. Les rayons de différente refrangibilité ou de différentes vitesses peuvent donc se séparer & se manifester par leurs couleurs.

# T A B L E

*Des Titres contenus dans ce Volume.*

## ARTICLE I.

<i>La lumiere directe, ou l'Optique proprement dite.</i>	p. 1
<i>La gradation de la lumiere.</i>	p. 4
<i>De l'ombre.</i>	p. 11
<i>De la fig. d'un trait de lumiere qui passe par un trou.</i>	p. 13
<i>Des lignes courbes que décrit un rayon de lumiere, qui venant du centre du Soleil rencontre un plan, pendant que cet astre se meut autour de la Terre par son mouvement diurne.</i>	p. 15
<i>Les changemens qui surviennent à l'ombre ou aux traces lumineuses qu'elle environne, pendant le mouvement du luminaire.</i>	p. 18
<i>Usages de la longueur de l'ombre.</i>	p. 21

## ARTICLE II.

<i>Premiers principes de la Gnomonique.</i>	p. 24
<i>Suppositions tirées de l'intersection des plans.</i>	Ibid.
<i>Suppositions tirées de la Sphere armillaire.</i>	p. 26
<i>Conséquences qui suivent de cette dernière supposition.</i>	p. 28
<i>Suppositions propres à la Gnomonique.</i>	p. 29
<i>diverses especes de cadrans.</i>	p. 33
<i>Des cadrans en particulier.</i>	p. 35
<i>Le mouvement diurne du Soleil autour de l'équateur &amp; de ses paralleles, ou autour du cadran équinoxial.</i>	p. 42

<i>Projection de l'ombre de l'axe sur un plan horisontal.</i>	p. 44
<i>Projection de l'ombre de l'axe sur un cadran vertical, méridional &amp; septentrional ou parallele au premier vertical.</i>	p. 47
<i>Projection de l'ombre de l'axe sur un cadran oriental &amp; occidental perpendiculaire à l'horison &amp; parallele au méridien.</i>	p. 50
<i>Décrire un cadran horisontal.</i>	p. 52
<i>Décrire un cadran méridional ou parallele au premier vertical &amp; perpendiculaire au méridien.</i>	p. 54
<i>Décrire un cadran regulier oriental ou parallele au méridien.</i>	p. 56
<i>Décrire un cadran vertical déclinant du Midi vers l'Orient.</i>	p. 58
<i>Décrire un cadran déclinant du Midi vers l'Orient &amp; incliné.</i>	p. 60
<i>Cadran équinoxial portatif appelle l'anneau Astronomique.</i>	p. 63

## ARTICLE III.

<i>La lumiere directe considérée par rapport à la vûe.</i>	p. 66
<i>La structure de l'œil.</i>	p. 67
<i>Du passage de la lumiere dans l'œil. &amp; des images qui se peignent sur la retine.</i>	p. 69
<i>De la vision en elle-même &amp; par rapport à ses différentes circonstances.</i>	p. 72
<i>De la distance &amp; de la grandeur apparente des objets.</i>	p. 76
<i>L'angle optique, mesure de la grandeur apparente, &amp; les phénomènes expliqués dans cette supposition.</i>	p. 80
<i>De la vision ou de l'apparence des figures.</i>	p. 88
<i>Idee succinte de la perspective.</i>	p. 91
<i>Problème. Trouver dans le tableau l'apparence du point M qui est sur le plan géometral.</i>	p. 93
<i>Problème. La ligne MN perpendiculaire au plan géometral, &amp; sa distance au tableau étant donnée trouver son apparence.</i>	p. 95

# T A B L E.

341

<i>Problème. Mettre en perspective un corps terminé par des surfaces planes , par exemple , un prisme de figure hexagone.</i>	P. 97
<i>De la vision du mouvement.</i>	p. 100
<i>Des differences de la vûe.</i>	p. 102

## A R T I C L E I V.

<i>De la lumiere réfléchie ou la Catoptrique.</i>	p. 105
<i>Des miroirs plans.</i>	p. 108
<i>Les effets de deux ou de plusieurs miroirs plans joints ensemble.</i>	p. 112
<i>Des miroirs convexes &amp; concaves.</i>	p. 114
<i>Des miroirs spheriques.</i>	p. 115
<i>Des effets &amp; les propriétés du miroir spherique convexe.</i>	p. 120
<i>Des effets &amp; les propriétés du miroir spherique concave.</i>	p. 124
<i>Des miroirs parabolique , elliptique , &amp; hyperbolique.</i>	p. 135

## A R T I C L E V.

<i>De la lumiere réfractée ou la Dioptrique.</i>	p. 137
<i>De la refraction de la lumiere à la rencontre d'une surface plane.</i>	p. 141
<i>De la refraction de la lumiere à la rencontre d'une surface spherique convexe &amp; concave.</i>	p. 147
<i>De la refraction Astronomique.</i>	p. 149
<i>Du passage de la lumiere au travers des verres spheriques.</i>	p. 154
<i>Proposition générale. Si un rayon de lumiere traverse un verre terminé par deux surfaces spheriques , ou par une surface plane &amp; par une autre spherique , l'angle que le rayon rompu fait avec le rayon incident prolongé , est la moitié de l'angle que font entr'elles les perpendiculaires au point d'incidence.</i>	p. 157
<i>Preparation pour déterminer le point de concours ou de divergence du rayon rompu , en supposant que le rayon</i>	

<i>incident est parallèle à l'axe.</i>	p. 160
<i>Détermination du point de concours ou de divergence des rayons rompus , lorsque les rayons incidens sont parallèles à l'axe.</i>	p. 162
<i>Détermination du point de concours ou de divergence après la double réfraction , lorsque les rayons incidens viennent d'un point de l'axe , &amp; qu'ils sont sensiblement divergens.</i>	p. 167
<i>Détermination des points de concours ou de divergence des rayons qui viennent des points hors de l'axe du verre.</i>	p. 172
<i>Des images que peint la lumière réfractée par un verre sphérique convexe.</i>	p. 175
<i>De la vision à travers les verres sphériques.</i>	p. 177
<i>Les lunettes simples ordinaires.</i>	Ibid.
<i>De la vision à travers un verre convexe des deux côtés.</i>	p. 179
<i>La lunette concave.</i>	p. 185
<i>De la réfraction de la lumière dans l'œil.</i>	p. 186
<i>Des télescopes.</i>	p. 191
<i>Le télescope à deux verres , l'un convexe &amp; l'autre concave.</i>	p. 194
<i>Le télescope Astronomique , ou à deux verres convexes.</i>	p. 197
<i>La lunette à quatre verres convexes.</i>	p. 200
<i>Les microscopes.</i>	p. 203
<i>Les microscopes simples.</i>	p. 204
<i>Les microscopes composés.</i>	p. 207
<i>Des instrumens mixtes qui aident ou servent la vue par réflexion &amp; par réfraction.</i>	p. 211
<i>Le télescope à réflexion.</i>	p. 113
<i>Le polemoscope &amp; la chambre obscure.</i>	p. 218

## ARTICLE VI.

<i>Les couleurs.</i>	p. 221
<i>Conséquences qui suivent naturellement des expériences</i>	



# TABLE.

<i>de M. Newton.</i>	343
<i>Explication de quelques phénomènes dépendans de la différente réfrangibilité des rayons de la lumière.</i>	p. 234
<i>L'Arc en-Ciel ou l'Iris.</i>	p. 237
<i>Les couronnes, les parélies, &amp; les paraselenes.</i>	p. 241
<i>Les couronnes.</i>	p. 258
<i>Les parélies &amp; les paraselenes.</i>	p. 261
	p. 264

## ARTICLE VII.

<i>La physique de la lumière.</i>	p. 271
<i>La propagation de la lumière par voye de pressions &amp; de vibrations.</i>	p. 273
<i>La propagation de la lumière par voye d'émission &amp; de transport.</i>	p. 284
<i>La matière de la lumière &amp; la figure des corpuscules qui la composent.</i>	p. 291
<i>La réflexion de la lumière.</i>	p. 294
<i>La réfraction de la lumière.</i>	p. 298
<i>Les couleurs.</i>	p. 306
<i>La transparence des corps.</i>	p. 315
<i>Les phosphores &amp; les noctiluques.</i>	p. 319
<i>L'aurore boréale.</i>	p. 323
<i>Explication sommaire de l'aurore boréale dans le sentiment de M. de Mairan.</i>	p. 331

Fin de la Table.

## Errata ou Fautes à corriger.

- P**age 15 ligne 10, lisez dessous, au lieu de dessus.  
 Page 43 ligne 6, lisez 50', au lieu de 40'.  
 Page 44 ligne 22, lisez AR, au lieu de AK.  
 Page 47 ligne 22, lisez & étant divisée, au lieu de & la face Septentrionale étant divisée.  
 Page 56 ligne 29, lisez la hauteur du pôle.

Page 57 ligne 25, lisez donc leurs communes sections.

Page 59 ligne 29, lisez arriver, & ligne 31, lisez AO, au lieu de AD.

Page 61 ligne 18, lisez horifon, au lieu de horifon.

Page 66 ligne 22, après commun ajoutez on tire.

Page 78 ligne 19, lisez aux, au lieu de aue.

Page 82 ligne 27, lisez en plein ceintre.

Page 85 ligne 7, lisez seroit peinée.

Page 96 ligne 13, après PO ajoutez-donc M N. mn :: SO. PO.

Page 115, ligne 10, lisez réguliers, au lieu d'irréguliers.

Page 118 ligne 10, lisez point, au lieu de potnt.

Page 129 ligne 21, lisez infiniment, & ligne 24, lisez EFC.

Page 150 ligne 32, lisez horizontal.

Page 155 ligne 13, lisez 1745, au lieu de 1774.

Page 159 ligne 9, lisez de la fig. 66 & de la fig. 67 qui &c.

*Ibidem*, ligne 13, après GDF, lisez de GDE, au lieu de GDN.

Page 164 ligne 22, lisez KR, FI, au lieu de FL.

Page 166 ligne 33, lisez DO, au lieu de BO.

Page 168 ligne 4, après GDF ajoutez l'angle DGF est commun.

*Ibidem*, ligne 17, après G ajoutez on aura encore le point G. par cette proportion Af. fD :: FD. FG.

*Ibidem*, ligne 28, lisez proportion, au lieu de proposition.

Page 169 ligne 17, lisez fD, au lieu de FD.

Page 170 ligne 28, lisez concours, au lieu de concontrs.

Page 186 ligne 16, après dans l'œil, ajoutez fig. 91.

Page 193 ligne 23, lisez d'un point, au lieu de d'nn.

Page 198 ligne 18, lisez ( V. n. 57. )

Page 199 ligne 22, lisez HN, au lieu de HC.

Page 202 ligne 25, lisez on parvient.

Page 205 ligne 2, lisez on le perd.

Page 218 ligne premiere, lisez fig. 99, au lieu de 90.

Page 219 ligne 27, lisez FE, au lieu de FH.

Page 230 ligne 32, lisez peindre, au lieu de piendre.

Page 234 ligne 24, lisez grises, au lieu de griffes.

Page 248 ligne 32, lisez souffre, au lieu de souffre.

Page 252 ligne 16, lisez TRX ERT, au lieu de ERT TRX.

Page 259 ligne 15, lisez qui, au lieu de pui.

Page 285 ligne 31, après terre ajoutez lesquelles.

Page 311 ligne 10, lisez que, au lieu de qne.

Page 322 ligne 3, lisez n'écarte, au lieu de écarte.









